



## **Convenzione**

**MISE - Dipartimento Comunicazioni /  
Fondazione Ugo Bordoni  
del 27/12/2007**



# Catasto e monitoraggio della qualità dei segnali televisivi

PROG01CONV

Responsabile Ing. Paolo Grazioso





## Catasto e monitoraggio della qualità dei segnali televisivi

*PROG01CONV – Responsabile Ing. Paolo Grazioso*

### Introduzione

La presente relazione descrive lo stato di avanzamento del progetto alla data del 31 dicembre 2009.

Il progetto è nato con l'obiettivo di estendere e completare le attività svolte nell'ambito del progetto relativo al "catasto delle frequenze" (Conv. 7/3/2001).

Il progetto mira a verificare la correttezza delle informazioni contenute nel catasto degli impianti televisivi mediante confronto con altre fonti informative tra i quali *in primis* il database del Censimento televisivo del 1990, il Registro degli Operatori delle Comunicazioni (ROC), i dati disponibili presso gli Ispettorati Territoriali. Ulteriori verifiche di congruenza sono effettuate sulla base dei dati delle ricezioni televisive, sia forniti dagli Ispettorati Territoriali stessi che reperibili pubblicamente su Internet (OTGTV, DGTVi), che infine del database delle ricezioni che verrà costituito all'interno del Catasto stesso e verrà popolato mediante campagne di rilevamento ad hoc.

Al fine di effettuare una valutazione della copertura e della qualità dei segnali televisivi è infatti indispensabile poter disporre di un archivio o catasto che contenga i dati dei trasmettitori televisivi operanti sul territorio nazionale. La conoscenza di tali impianti è infatti indispensabile al fine di predisporre le opportune campagne di misura da un lato e di simulazione dall'altro.

Inoltre, la conoscenza degli impianti televisivi effettivamente operanti in Italia, ed autorizzati a farlo, è necessaria al fine di predisporre la transizione alla tecnica digitale nelle varie aree tecniche in cui è stato suddiviso il territorio nazionale. Questi dati, in altre parole, costituiscono un *input* fondamentale per l'effettuazione delle valutazioni che servono per predisporre il cosiddetto *master plan* nelle singole aree tecniche, di cui si occupa il progetto 5.

In questo progetto ci si occupa, pertanto, della correttezza e congruenza dei dati contenuti nel catasto degli impianti televisivi, non della sua struttura definitiva e delle relative interfacce e procedure per l'accesso remoto, che sono oggetto del parallelo progetto 2.

### Stato dell'attività

Le attività svolte nel corso del 2009 sono le seguenti.

#### **Verifica della correttezza e congruenza del database ed allineamento con i dati resi disponibili da altre fonti**

Questa attività è stata avviata negli anni precedenti ed è proseguita con sempre maggiori raffinamenti nel corso del 2009.

La verifica dei dati è stata portata avanti, nei primi mesi dell'anno, suddividendo i dati degli impianti televisivi in blocchi corrispondenti ai 16 Ispettorati Territoriali. In seguito è stata resa disponibile dal progetto 2 la nuova interfaccia accessibile via web, che consente a più persone di lavorare sul database (per operazioni di correzione o anche solo di consultazione) in maniera parallela ed indipendente.

Per ogni singolo blocco di dati, corrispondente ad una cosiddetta area tecnica di *switch-off*, vengono effettuati successivi passi di verifica, che possono essere schematizzati come segue<sup>1</sup>:

1. controllo incrociato con le altre fonti sia istituzionali (censito, ROC, ecc.) che provenienti dal mondo dell'industria (dati forniti dalle emittenti, informazioni reperibili su Internet relative alla posizione degli impianti ed alla loro ricezione, come ad esempio quelli presenti sul sito OTGTV.it);
2. correzione degli errori formali rilevati mediante opportuni controlli di congruenza (ad esempio congruenza tra coordinate geografiche, quota altimetrica e comune);
3. integrazione con i dati disponibili presso gli Ispettorati Territoriali; quando l'Ispettorato mette a disposizione un proprio database viene anche stabilito un legame fisico tra esso ed il Catasto mediante una corrispondenza tra gli indici che identificano un dato impianto nei due database.

Attualmente i passi 1 e 2 sono stati compiuti per tutte le regioni italiane. Va osservato che essi vengono periodicamente rivisti quando siano disponibili nuove fonti di dati (ad esempio quando viene rilasciata una versione più aggiornata del ROC).

Per quanto riguarda il passo 3 sono stati avviati contatti con diversi Ispettorati Territoriali. Il calendario degli incontri con gli Ispettorati e lo sviluppo della collaborazione viene deciso dal Ministero in funzione delle proprie esigenze; il personale della FUB fornisce il proprio supporto tecnico ed operativo quando e dove richiesto. Le collaborazioni già avviate a fine 2009, giunte a diversi livelli di avanzamento vanno menzionate quelle con gli Ispettorati di Emilia-Romagna, Liguria, Toscana, Sardegna, Piemonte e Valle d'Aosta.

#### **Attività preparatorie alla realizzazione del *Master plan* nelle aree soggette a transizione al digitale**

Nel corso del 2009 si è iniziato l'utilizzo del Registro Nazionale non solo come catasto degli impianti televisivi, ovvero come "fotografia" della situazione dei trasmettitori presenti sul territorio nazionale.

Per le aree che hanno effettuato la completa migrazione al digitale nel corso del 2009, il Registro Nazionale ha fornito le informazioni necessarie per stilare i piani di transizione (*master plan*) che individuano per ciascun impianto la data e le modalità di transizione. In precedenza, tali dati venivano ricavati da altre fonti di informazioni, in particolare dal ROC.

La nuova modalità è stata già utilizzata per le aree di Piemonte occidentale (province di Torino e Cuneo), provincia autonoma di Trento, provincia autonoma di Bolzano, Lazio (esclusa la provincia di Viterbo), Campania. Questa metodologia verrà utilizzata anche in futuro per le aree che via via migreranno verso la completa copertura digitale.

Un esempio del contenuto del Catasto, nella sua forma attuale, viene riportato negli allegati alla presente relazione, ulteriori riferimenti al lavoro svolto possono essere trovati nella relazione finale al progetto 3 "Pianificazione della transizione nelle aree tecniche".

---

<sup>1</sup> In realtà, è possibile che i passi di verifica non vengano svolti nella sequenza temporale qui indicata, ovvero che vengano effettuati più controlli nello stesso tempo, a seconda delle esigenze operative.

## Allegati

---

Documenti allegati nel CD:

- Transizione alla Televisione Digitale Terrestre - Report MasterPlan – Bolzano/Trento  
(PROG01CONV\_ Allegato Report\_MP\_BZTN.pdf)
- Transizione alla Televisione Digitale Terrestre - Report MasterPlan – Campania  
(PROG01CONV\_ Allegato Report\_MP\_Campania.pdf)
- Transizione alla Televisione Digitale Terrestre - Report MasterPlan – Lazio  
(PROG01CONV\_ Allegato Report\_MP\_Lazio.pdf)
- Transizione alla Televisione Digitale Terrestre – Piemonte Occidentale  
(PROG01CONV\_ Allegato Report\_MP\_TOCN.pdf)
- Transizione alla Televisione Digitale Terrestre – Valle d’Aosta  
(PROG01CONV\_ Allegato Report\_MP\_VdA.pdf)
- Relazione finale: Catasto e monitoraggio della qualità dei segnali televisivi  
(PROG01CONVRelazioneFinale2009.pdf)



Procedure per l'accesso, la  
memorizzazione e  
l'aggiornamento dei dati del  
Catasto

PROG02CONV

Responsabile Ing. Antonio Cozzolino





## Procedure per l'accesso, la memorizzazione è l'aggiornamento dei dati del Catasto

*PROG02CONV – Responsabile Ing. Antonio Cozzolino*

Il dettaglio delle attività svolte nel corso del 2009 è il seguente:

- **A1:** implementazione dell'architettura fisica progettata e proposta nel corso del 2008. Tale fase ha previsto prima di tutto una verifica preliminare dell'attuale validità delle ipotesi poste a fondamento della progettazione a seguito dei cambiamenti avvenuti nel corso dell'anno 2008 introdotti dalle richieste del Ministero.
- **A2:** sviluppo e valutazione formale di un modello di sicurezza del sistema. Tale aspetto è propedeutico e fondamentale per un eventuale riuso del sistema informativo da parte di altre Pubbliche Amministrazioni.
- **A3:** progettazione di una struttura per il database adeguata a soddisfare tutte le esigenze del Ministero presentate nel corso del 2008. In particolare la nuova struttura dovrà essere in grado di gestire efficacemente e in sicurezza i dati relativi ad impianti analogici e digitali così come appaiono prima e dopo la transazione al digitale. Tale database dovrà essere popolato con i dati appositamente migrati dalle strutture esistenti, il cui contenuto informativo sarà stato precedentemente verificato come parte delle attività svolte nell'ambito del progetto PROG01CONV della convenzione.
- **A4:** progettazione di nuove funzionalità interfaccia grafica: tale attività ha il compito di implementare le richieste del Ministero, basandosi sulle esigenze lavorative degli ulteriori ruoli individuati e soprattutto sugli incontri che si svolgeranno con i rappresentanti dei ruoli individuati dal Ministero stesso. Tale attività segue i principi ingegneristici per la progettazione di software di qualità (diagrammi UML, piano di qualità) oltre che le metodologie UCD e Rapid Proto-typing che pongono l'utente finale e le sue esigenze lavorative al centro della progettazione dell'interfaccia grafica.
- **A5:** continuare il lavoro di reingegnerizzazione dei processi relativi al sistema catasto e dell'individuazione di procedure sicure per l'accesso e la gestione delle informazioni contenute nel database.

Le attività suindicate costituiscono la prosecuzione delle attività già iniziate nel corso del 2008. L'architettura del database realizzata è descritta in ampio dettaglio nella relazione allegata "PROG02CONVArchitettura Database"



## Allegati

---

Documenti allegati nel CD:

- 06\_Architettura\_Database
- (PROG02CONV\_Architettura\_Database.pdf)
  
- Ipotesi Ristrutturazione
- (PROG02CONV\_Schema\_ER\_NO\_users\_0.9\_RISTRUTTURATO.pdf)
  
- Relazione finale: Catasto e Procedure per l'accesso, la memorizzazione e l'aggiornamento dei dati del Catasto
- (PROG02CONVRelazioneFinale2009.pdf)



# Pianificazione della Transizione nelle Aree Tecniche

PROG03CONV

Responsabile Ing. Andrea Neri





# PROG03CONV: Pianificazione della Transizione nelle Aree Tecniche

*Responsabile: Ing. Andrea Neri*

## **1 Introduzione**

Il processo di transizione alla televisione digitale terrestre, che può con ragione ritenersi avviato, non solo a livello nazionale ma anche europeo, a partire dalla digitalizzazione della Regione Sardegna nel 2008, ha subito nel 2009 una rapida accelerazione. Lo switch-off in tempi ravvicinati in grandi città come Torino, Roma, Napoli e in una parte rilevante del territorio nazionale ha dimostrato la maturazione delle capacità di gestione di un processo così articolato da parte di tutti i soggetti, istituzionali e non, chiamati a parteciparvi. Tra questi la Fondazione Bordoni gioca un ruolo rilevante tramite l'attività di diversi Progetti impegnati in vari aspetti tecnici, operativi e di comunicazione.

### **1.1 Descrizione del documento**

Questa relazione si propone innanzitutto di inquadrare le attività svolte dalla FUB nell'ambito del Progetto 3 nel contesto complessivo del processo di transizione, delineato nel capitolo 2, e di richiamare, nel capitolo 3, gli aspetti tecnici principali.

Il capitolo 4 descrive gli strumenti utilizzati per la predisposizione del Masterplan delle transizioni, e le relazioni con altri Progetti FUB coinvolti nella gestione complessiva della digitalizzazione.

Le attività svolte relativamente alle Aree Tecniche digitalizzate nel 2009 sono schematicamente riportate nel capitolo 5, mentre il capitolo 6 costituisce una guida alla consultazione dei report di dettaglio forniti come allegati.

## 2 Schema delle attività

In linea con quanto raccomandato dalla Commissione Europea nella comunicazione n. 204 del maggio 2005, in Italia il processo di transizione alla televisione digitale terrestre si completerà entro la fine del 2012. Il Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico del 10 settembre 2008 suddivide il territorio nazionale in 16 Aree Tecniche, per le quali il passaggio al digitale è stato avviato nel secondo semestre del 2008 con la Sardegna e proseguirà sino a tutto il 2012. Il calendario di transizione delle aree tecniche è stato successivamente aggiornato con il DM del 10 aprile 2009 ed un provvedimento analogo è atteso per l'aggiornamento del calendario per il 2010. La Figura 1 riporta il dettaglio della suddivisione del territorio italiano nelle diverse Aree Tecniche e specifica il calendario delle transizioni. I box colorati in verde sono relativi alle transizioni già effettuate nel 2008 e nel 2009, mentre i box in giallo identificano le transizioni previste per il 2010.

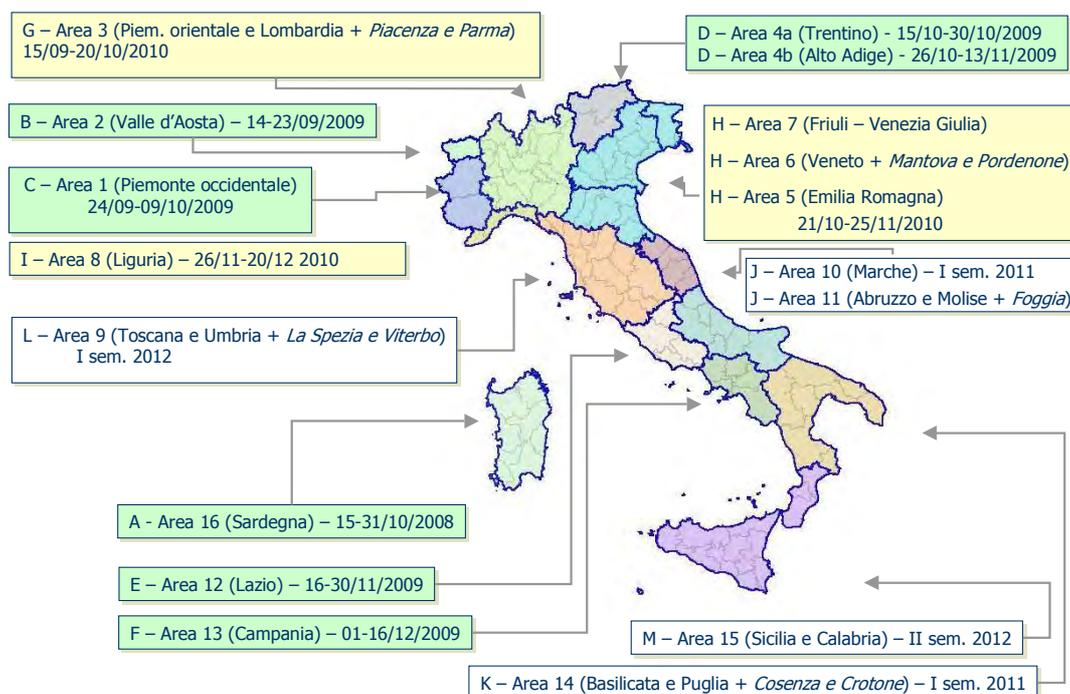


Figura 1. Suddivisione del territorio nazionale e calendario di transizione per le Aree Tecniche

## 2.1 I ruoli istituzionali

Il processo di transizione coinvolge istituzionalmente differenti organismi, che, pur con compiti ed obiettivi distinti, cooperano per il proficuo completamento del passaggio al digitale. I principali attori del processo sono naturalmente l’Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (AGCOM) e il Ministero dello Sviluppo Economico – Dipartimento per le Comunicazioni (MISE). Ai fini della presente relazione è sufficiente ricordare che l’AGCOM ha il compito di elaborare il piano digitale nazionale e di individuare le risorse frequenziali disponibili sul territorio, sulla base degli accordi internazionali con i Paesi che confinano in senso elettromagnetico con l’Italia. L’AGCOM convoca inoltre propri Tavoli Tecnici cui partecipano il Ministero, l’Autorità e gli operatori televisivi.

Per la transizione al digitale è poi stato istituito il Comitato Nazionale Italia Digitale (CNID), presieduto dal Vice Ministro alle Comunicazioni, all’interno del quale vengono discusse gli aspetti tecnico-operativi e finanziari della transizione secondo le specificità delle diverse aree. Al CNID partecipano anche AGCOM e DGTVi, che affiancano il Ministero, e i rappresentanti dei broadcaster, delle Regioni/Province Autonome coinvolte nelle operazioni di digitalizzazione, delle industrie manifatturiere e dei consumatori. Le attività del CNID sono articolate su quattro diverse aree operative:

- analisi dei criteri tecnici di sviluppo delle reti;
- monitoraggio e dati;
- comunicazione e assistenza utenti;
- problematiche specifiche del servizio pubblico radiotelevisivo.

All’interno del CNID vengono in particolare fissati i tempi e le modalità secondo i quali attuare la transizione al digitale. In particolare viene stabilito se sia opportuno che lo switch-off delle reti analogiche sia preceduto da un processo di switch-over e, nel caso, con quali tempi. Si ricorda che il processo di switch-over interessa soltanto alcune emittenti, la cui trasmissione analogica viene progressivamente interrotta per passare a quella in digitale, conservando la medesima frequenza e i medesimi punti di emissione. I canali delle emittenti passate sul digitale terrestre possono ovviamente

essere visualizzati soltanto dalle tv con digitale terrestre integrato oppure con un decoder digitale terrestre.

Tra i compiti di cui si fa invece carico il MISE nel complesso processo di digitalizzazione della televisione terrestre, si citano qui soltanto quelli rilevanti ai fini della presente relazione. In particolare il Ministero:

- attiva tavoli bilaterali di coordinamento internazionale con i Paesi che confinano elettromagneticamente con l'Italia, finalizzati alla condivisione di strategie che consentano un utilizzo ottimizzato e razionale delle risorse frequenziali. L'elevato numero di emittenti locali ed il conseguente affollamento dello spettro e la conformazione geografica del nostro Paese, fanno del coordinamento internazionale un tema di cruciale importanza per l'Italia.
- attiva le Task-Force per le diverse aree tecniche cui partecipano il Ministero stesso, gli operatori nazionali e locali, il DGTVi, le Regioni/Province autonome e la FUB. La Task-Force è l'organo che stabilisce tutte le modalità operative secondo le quali deve essere realizzato il processo della transizione, in ogni suo aspetto. Sullo specifico dei compiti della Task-Force si ritornerà con maggiore dettaglio nel seguito.
- convoca i Tavoli Tecnici con gli operatori televisivi per discutere gli aspetti tecnici di rilievo nell'attuazione del calendario di digitalizzazione. Nell'ambito dei Tavoli Tecnici vengono, ad esempio, discusse particolari esigenze degli operatori e concordate soluzioni condivise.
- procede all'assegnazione dei diritti d'uso delle frequenze agli operatori di rete sulla base della disponibilità di risorse individuata dall'AGCOM. Questo passaggio è estremamente delicato ed è condotto nell'ottica di ottimizzare l'utilizzo dello spettro elettromagnetico, salvaguardando al contempo le esigenze degli utenti.
- predispone il piano di transizione, dettagliato all'interno del Masterplan, che fornisce ai diversi attori le informazioni relative alle modalità, ai tempi e ai dettagli tecnici della digitalizzazione delle reti analogiche.

- con l'ausilio degli Ispettorati Territoriali, 16 sedi dislocate sul territorio, effettua la supervisione del processo di transizione al fine di verificare il rispetto delle calendarizzazioni, rilevare eventuali anomalie o irregolarità e ripristinare la corretta situazione.

La Fondazione Bordini fornisce il proprio supporto tecnico al MISE in tutte le fasi di realizzazione del passaggio al digitale, ivi comprese quelle non elencate al presente paragrafo come, ad esempio, le attività di comunicazione al pubblico. Sul dettaglio delle attività della Fondazione per la Pianificazione della Transizione nelle Aree Tecniche, di interesse nell'ambito della presente relazione, si ritornerà profusamente nel seguito.

## 2.2 Le attività della Task-Force

Come già ricordato, la Task-Force è l'organo che stabilisce tutte le modalità operative secondo le quali deve essere realizzato il processo della transizione, in ogni suo aspetto in riferimento ai processi sia di switch-over che di switch-off. Al tavolo della Task Force vengono definite le iniziative da intraprendere, i tempi di realizzazione delle varie azioni, viene verificato il reale stato di attuazione dei protocolli d'intesa, si stabiliscono i criteri di erogazione dei contributi pubblici per l'acquisto dei decoder, si pianificano le campagne di comunicazione.

L'effettiva realizzazione di un percorso complesso come quello della completa transizione alla trasmissione in tecnica digitale, con il conseguente spegnimento di ogni impianto trasmettente in tecnica analogica, deve essere pianificata seguendo una serie di passi che tengano conto non solo delle difficoltà tecniche ma soprattutto dell'impatto che tale processo ha, inevitabilmente, sulla popolazione. La buona riuscita di un processo come quello sopra delineato, presuppone quindi la pianificazione di una serie di attività volte a garantire tutti i soggetti a vario titolo coinvolti, con un'attenzione particolare agli utenti, che devono essere puntualmente e compiutamente informati sull'intero svolgimento del processo. Per questi motivi nell'ambito della Task-Force viene elaborato un cronoprogramma che, per ognuna delle azioni da intraprendere, identifica i tempi di realizzazione e i soggetti che se ne fanno carico.

In linea di principio, si possono identificare alcune principali attività:

- **Interventi a sostegno delle fasce deboli**, tra cui rientrano la gestione dei contributi riservati ad utenti appartenenti a specifiche fasce di reddito o di età e le politiche di assistenza alle fasce deboli attraverso particolari iniziative, come, ad esempio, la formazione dei volontari.
- **Attività di informazione all'utenza**. Il principale canale per veicolare le informazioni sulla transizione al digitale agli utenti è senza dubbio rappresentato dalle campagne di comunicazione realizzate attraverso la televisione e la stampa. Tuttavia vi sono molte altre iniziative promosse nel contesto della Task-Force, quali l'utilizzo del web per aggiornare in tempo reale gli utenti e anche agli operatori televisivi sullo stato di avanzamento del processo di transizione oppure l'organizzazione di eventi informativi sul territorio aperti a diverse tipologie di pubblico, ivi compresi gli amministratori locali.
- **Rapporti con distributori e rivenditori**. Riferendosi ai numeri della popolazione interessata dalla transizione al digitale, pari a milioni di famiglie, è immediato rendersi conto di quanto sia necessario rapportarsi con la rete di distribuzione per verificare una adeguata disponibilità di apparati sul mercato nelle zone interessate in tempi adeguati. Allo stesso modo, la gestione dell'accreditamento dei rivenditori, ai quali viene fornito anche un valido supporto informativo, è molto importante, poiché rappresenta un anello fondamentale nel rapporto verso gli utenti finali. È infatti necessario che gli utenti possano identificare presso i rivenditori un riferimento certificato per l'acquisto degli apparati e per le modalità di accesso ai contributi, ove previsti.
- **Rapporti con gli Enti locali**. Gli Enti locali, per propria natura, sperimentano quotidianamente il contatto diretto con i cittadini, che spesso fanno loro riferimento per ottenere informazioni. È quindi necessario un'ampia attività di coinvolgimento delle Regioni, membri della Task-Force, verso le Province e i Comuni per fornire gli strumenti adeguati a rispondere alle esigenze dei singoli. Ciò diventa molto importante anche alla luce della eterogeneità delle realtà sul territorio, sia per le diverse competenze che per la diversa disponibilità di risorse che solitamente i Comuni hanno. Un ruolo di specifico rilievo spetta ai rapporti con enti locali di altra natura, come le Comunità Montane, poiché in molte realtà territoriali essi hanno in capo impianti di

trasmissione, tipicamente finalizzati alla ripetizione del segnale del servizio pubblico e, proprio per questo, di particolare interesse. In relazione a tali enti è necessario identificare delle precise attività di coordinamento che guidino in modo proficuo il passaggio verso la digitalizzazione.

- **Tavoli tecnici per la attuazione della transizione.** La Task-Force istituisce i Tavoli Tecnici con gli operatori televisivi per concordare gli aspetti tecnici di rilievo per la transizione. Nell'ambito di questi tavoli si discute nello specifico la calendarizzazione dello switch-off nell'arco dell'intervallo temporale indicato dal Decreto preposto. Tra le questioni che vengono ovviamente tenute in conto nell'ambito dei Tavoli Tecnici figurano, ad esempio, particolari vincoli di rete da parte degli operatori, esigenze specifiche in relazione alle risorse disponibili per effettuare la transizione (es. numero di squadre sul territorio limitato), vincoli di tipo logistico (es. specifiche condizioni di accesso agli impianti), eventuali difficoltà tecniche legate alla conversione degli impianti.

In Figura 2 e in Figura 3 sono riportati a titolo di esempio i cronoprogrammi relativi ai processi di switch-over nell'Area Tecnica del Piemonte Occidentale e di switch-off nell'Area Tecnica della Valle d'Aosta.

SWITCH OVER PIEMONTE - CRONOPROGRAMMA ATTIVITA'	entro 18.12.08	1-15 gennaio	16-31 gennaio	1-15 febbraio	16-28 febbraio	1-15 marzo	16-31 marzo	1-15 aprile	15-30 aprile	1-19 mag	20-mag-09
Predisposizione Elenco definitivo comuni interessati	concluso										switch over
Mappa copertura su base geografica	FUB entro 27 febbraio										switch over
Cartografia di dettaglio	FUB entro 27 febbraio										switch over
Predisposizione lettera Abbonati				Ministero 15 feb							switch over
"Visto si stampi" lettere Abbonati					Ministero-Regione-RAI-Mediaset entro 11 mar						switch over
Riattivazione contributi									Ministero da 16 marzo		switch over
Invio Lettere Abbonati							Poste 12 marzo				switch over
Predisposizione Elenco decoder	già attivo (FUB-Poste)										switch over
Comunicazione via e-mail a rivenditori per accredito						Poste da 3 marzo					switch over
Predisposizione Elenco rivenditori aderenti e pubblicazione sul sito									Poste (aggiornamento dinamico dei dati)		switch over
Attivazione Contact Center per rivenditori e installatori	già attivo (Poste)										switch over
Incontri con Associazioni Installatori e Amm. Condominio						Regione-Ministero-FUB metà marzo					switch over
Aggiornamento contenuti del sito decoder.comunicazioni.it						Fub e Ministero					switch over
Aggiornamento Call Center Poste						Fub e Ministro					switch over
Organizzazione di un ufficio in loco										c/o IT Piemonte	switch over
Scorrimento crawl su emittenti interessate									RAI - Mediaset dal 20 marzo		switch over
Coinvolgimento Ass.ni volontariato						Regione-Ministero-FUB metà marzo					switch over
Informazione associazione consumatori						Regione-Ministero-FUB metà marzo					switch over
Campagna pubblica utilità									Regione dal 16 marzo		switch over
Conferenze stampa										19-mag	switch over

Figura 2. Cronoprogramma relativo allo switch-over nell'Area Tecnica del Piemonte Occidentale

SWITCH OFF VALLE D' AOSTA - CRONOPROGRAMMA ATTIVITA'	15 - 27 giugno	28 giugno - 3 luglio	4 - 10 luglio	11 - 17 luglio	18 - 24 luglio	25 - 31 luglio	1 - 7 agosto	8 - 14 agosto	15 - 21 agosto	22 - 28 agosto	29 agosto - 5 settembre	6 - 14 settembre	14 - 23 settembre	
Predisposizione schede comuni							FUB						switch off	
Mappa copertura su base geografica							FUB						switch off	
Cartografia di dettaglio							FUB						switch off	
Riattivazione contributi		già attivo										switch off		
Invio Lettere Abbonati		RAI											switch off	
Predisposizione Elenco decoder		già attivo										switch off		
Accredito Rivenditori		già attivo										switch off		
Predisposizione Elenco rivenditori aderenti e pubblicazione sul sito		già attivo										switch off		
Attivazione Contact Center per rivenditori e installatori		già attivo										switch off		
Incontri con Referenti Enti locali												Min-FUB-DGTVI	switch off	
Incontri con Associazioni di Categoria (in ambito locale)												Min-FUB-DGTVI	switch off	
Aggiornamento contenuti del sito decoder.comunicazioni.it		già attivo tranne che per schede comune					schede comuni aggiornate							switch off
Aggiornamento Call Center Poste											FUB		switch off	
Organizzazione di un ufficio in loco												Ministero	switch off	
Coinvolgimento Ass.ni volontariato												Min-FUB-DGTVI- Regione	switch off	
informazione con associazione consumatori												Min-FUB-DGTVI- Regione	switch off	
Campagna informativa (spot, ecc.)									TV locali (spot) e Regione (campagna stampa)				switch off	
Evento comunicazione											???		switch off	
Conferenza stampa finale												13-set	switch off	

Figura 3. Cronoprogramma relativo allo switch-off nell' Area Tecnica della Valle d' Aosta

### 3 Le modalità di transizione al digitale terrestre nelle Aree Tecniche

Il problema della pianificazione della transizione al sistema digitale si presenta di notevole complessità e, data la presenza sul territorio di molte migliaia di impianti che occupano con un fitto mosaico i canali radio e la necessità di coordinare a livello internazionale le modifiche all'impiego delle frequenze, non può essere affrontato in un'unica soluzione.

L'identificazione delle Aree Tecniche di estensione pluri-provinciale consente di agevolare la gestione della transizione, identificando porzioni del territorio che si possono considerare, più o meno approssimativamente a seconda dei casi, radioelettricamente separate. Effettuare transizioni indipendenti non solo permette di

semplificare la pianificazione e il coordinamento, ma ha anche un impatto fondamentale sulla fase di gestione del processo, in quanto consente di graduare gli interventi dei broadcaster, di garantire la disponibilità di apparati e di concentrare il supporto all'utenza.

Come si può notare dalla Figura 1, per alcune delle Aree Tecniche contigue l'ipotesi di separazione radioelettrica non può essere considerata sufficientemente valida e, per questo motivo, il calendario prevede transizioni il più possibile ravvicinate.

### 3.1 Le reti SFN

La tecnologia digitale permetterà di avere in Italia ad una gestione dello spettro radioelettrico maggiormente efficiente rispetto a quanto accade oggi con l'analogico, grazie alla scelta, unica in Europa, di ricorrere alle cosiddette Single Frequency Network (SFN), sulle quali è opportuno richiamare alcuni concetti fondamentali.

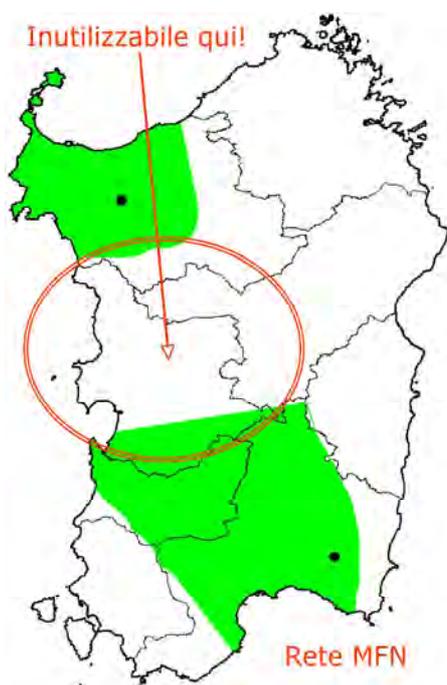


Figura 4. In una rete MFN, due trasmettitori possono utilizzare la medesima frequenza solo se si trovano ad una opportuna distanza tra loro.

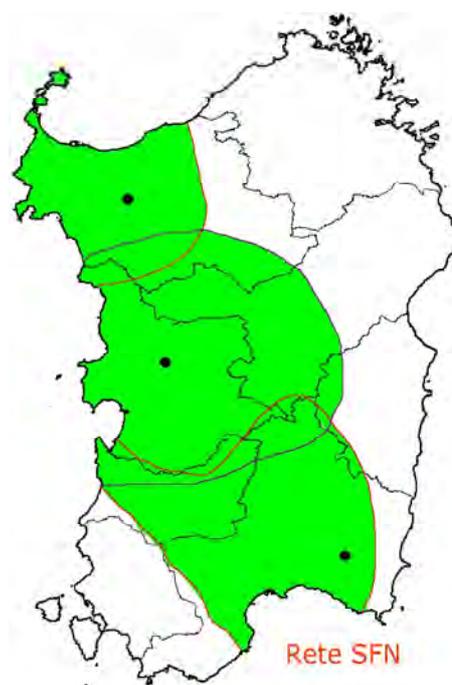


Figura 5. In una rete SFN i trasmettitori utilizzano la medesima frequenza e il servizio è garantito anche nelle aree illuminate da più di uno di essi.

Con la televisione analogica, se una emittente deve servire una certa area, sia essa tutta l'Italia o una certa regione, deve utilizzare più trasmettitori, che servono porzioni

diverse di quell'area totale. Tali trasmettitori non possono utilizzare la stessa frequenza, perché, nonostante trasportino lo stesso programma televisivo, interferirebbero tra di loro e ciò accadrebbe a maggior ragione se i trasmettitori appartenessero a due emittenti diverse. Si deve perciò predisporre una rete MFN (Multi Frequency Network), nella quale due trasmettitori possono riutilizzare la stessa frequenza solo se si trovano ad una opportuna distanza tra loro, così da evitare interferenze reciproche (si veda la Figura 4). In una rete SFN, invece, questa limitazione non esiste e trasmettitori che hanno aree di copertura che si sovrappongono possono utilizzare la stessa frequenza (si veda la Figura 5); le aree illuminate da più di uno di essi non soffrono di problemi di interferenza e, al contrario, i diversi segnali possono essere utilizzati in maniera costruttiva per migliorare il servizio.

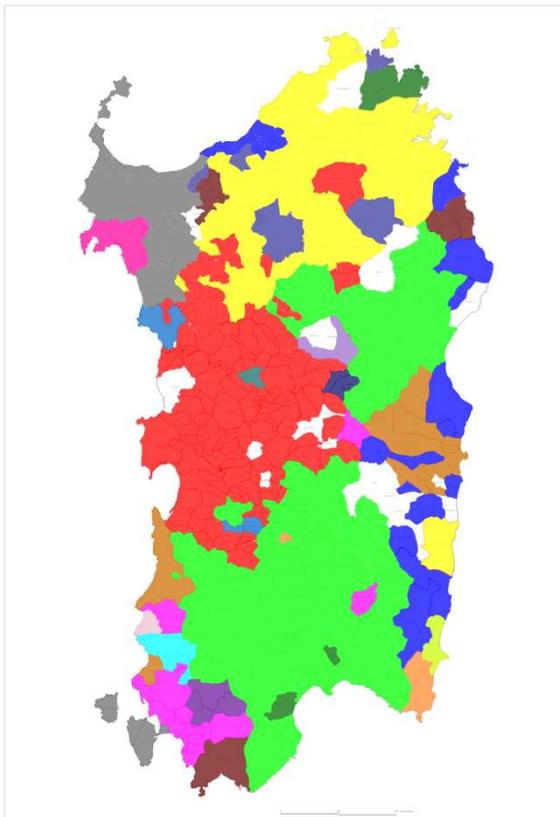


Figura 6. Servizio di una emittente attraverso una rete multifrequenza (ad ogni colore corrisponde un diverso canale radio).

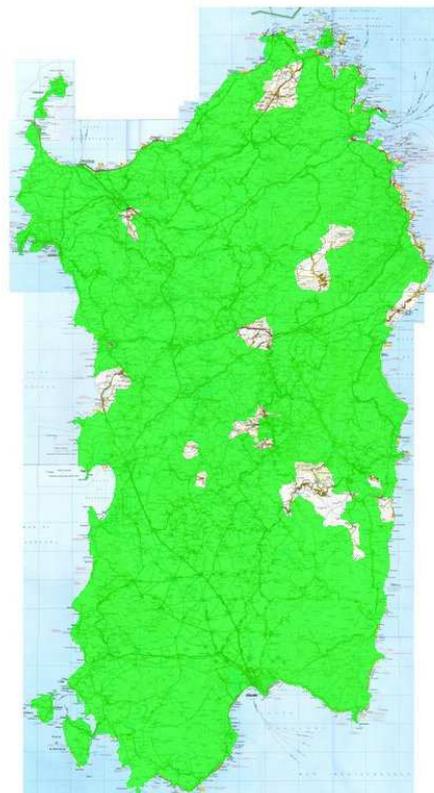


Figura 7. Servizio di una emittente attraverso una rete a singola frequenza.

L'impiego di reti SFN consente di migliorare in maniera evidente la gestione dello spettro radioelettrico, come risulta chiaro confrontando la Figura 6 e la Figura 7,

anch'esse riferite alla transizione al digitale avvenuta in Sardegna: mentre nel caso analogico si ha un rete multifrequenza e ogni emittente per poter servire l'intero territorio della Sardegna deve utilizzare molte frequenze, nel caso digitale ogni emittente può usare una sola frequenza.

L'implementazione di reti SFN ha come conseguenza un utilizzo maggiormente "ordinato" dello spettro e per rendersene conto è sufficiente far riferimento alla Figura 8 e alla Figura 9 dove, per ciascun canale, è mostrato il numero di emittenti che ne facevano uso sia prima che dopo lo switch-off in due Aree Tecniche prese come esempio: il Piemonte Occidentale e la Campania. Nel caso della Campania l'utilizzo risulta più intensivo e ciò deriva dal fatto che in quell'Area Tecnica siamo in presenza di un maggior numero di emittenti locali. Si noti che dalle figure emerge come la transizione al digitale abbia permesso di liberare risorse frequenziali che risultano non occupate dopo lo switch-off.

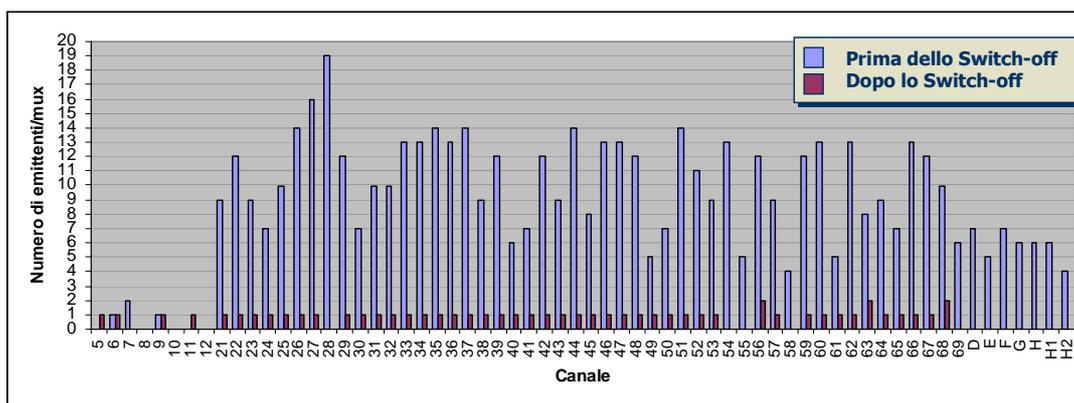


Figura 8. Numero di emittenti per canale prima e dopo lo switch-off per l'Area Tecnica del Piemonte Occidentale

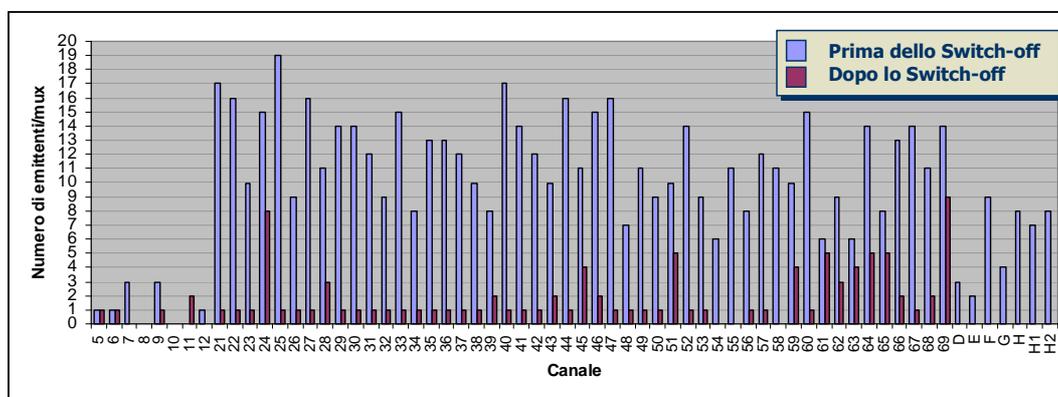


Figura 9. Numero di emittenti per canale prima e dopo lo switch-off per l'Area Tecnica della Campania

È utile infine ricordare che la maggiore razionalizzazione nell'utilizzo delle risorse radio non soltanto consente di realizzare un maggior numero di reti televisive sul medesimo territorio, ma permette anche di facilitare le operazioni di coordinamento internazionale per l'uso condiviso delle bande televisive VHF e UHF.

### 3.2 La suddivisione dell'Area Tecnica in zone

L'attuazione della transizione in una singola Area Tecnica non può avvenire in una singola giornata per motivi pratici, come la disponibilità necessariamente limitata di squadre operative per gli interventi sugli impianti, e deve pertanto essere distribuita su più giornate. Per questo motivo l'Area Tecnica viene suddivisa in diverse Zone per le quali la transizione al digitale avviene in tempi diversi. La progressiva digitalizzazione delle differenti Zone presenta notevoli vantaggi operativi e consente di completare il passaggio al digitale nei tempi previsti dal calendario ministeriale.

L'identificazione delle Zone avviene nell'ambito dei lavori dei Tavoli Tecnici della Task-Force e la suddivisione dell'Area Tecnica risponde essenzialmente a:

- **criteri geografici**, che tengono conto della morfologia del territorio unitamente alla collocazione degli impianti nell'Area Tecnica;
- **criteri radioelettrici**, che, sulla base delle caratteristiche radioelettriche degli impianti, forniscono indicazioni sui bacini di copertura degli stessi;
- **vincoli di rete**, che sono sostanzialmente legati a requisiti da rispettare per una corretta distribuzione del segnale all'interno della rete di una medesima emittente.

Una volta identificate le Zone all'interno dell'Area Tecnica, è necessario definire il calendario delle transizioni, che viene elaborato sulla base di:

- **vincoli di interferenza**; il processo di digitalizzazione, per propria natura, risente di potenziali problemi di interferenza, che possono risultare accentuati dalla suddivisione dell'Area Tecnica in Zone. Per rendersi conto di questo è sufficiente prendere come esempio il cosiddetto effetto "domino": una emittente in un sito può passare dalla frequenza attuale ( $f_1$ ) alla nuova frequenza ( $f_2$ ) solo se l'emittente che usava tale frequenza  $f_2$  la libera, passando alla sua nuova frequenza ( $f_3$ ).

- **vincoli di natura logistica;** essenzialmente legati all'organizzazione degli interventi delle squadre tecniche sul territorio. In questo senso si devono, ad esempio, tenere in conto i tempi necessari per gli spostamenti su Aree Tecniche che possono avere dimensioni anche piuttosto estese.
- **vincoli di rete;** sostanzialmente legati a requisiti da rispettare per una corretta distribuzione del segnale all'interno della rete di una medesima emittente.
- **vincoli nei confronti degli utenti;** si possono verificare situazioni in cui, per ragioni generalmente legate al servizio pubblico, è opportuno effettuare precise scelte nella definizione dei calendari di transizione.

In Figura 10 è riportata come esempio la suddivisione dell'Area Tecnica della Valle d'Aosta in 5 Zone, per le quali è stata prevista un'opportuna calendarizzazione.

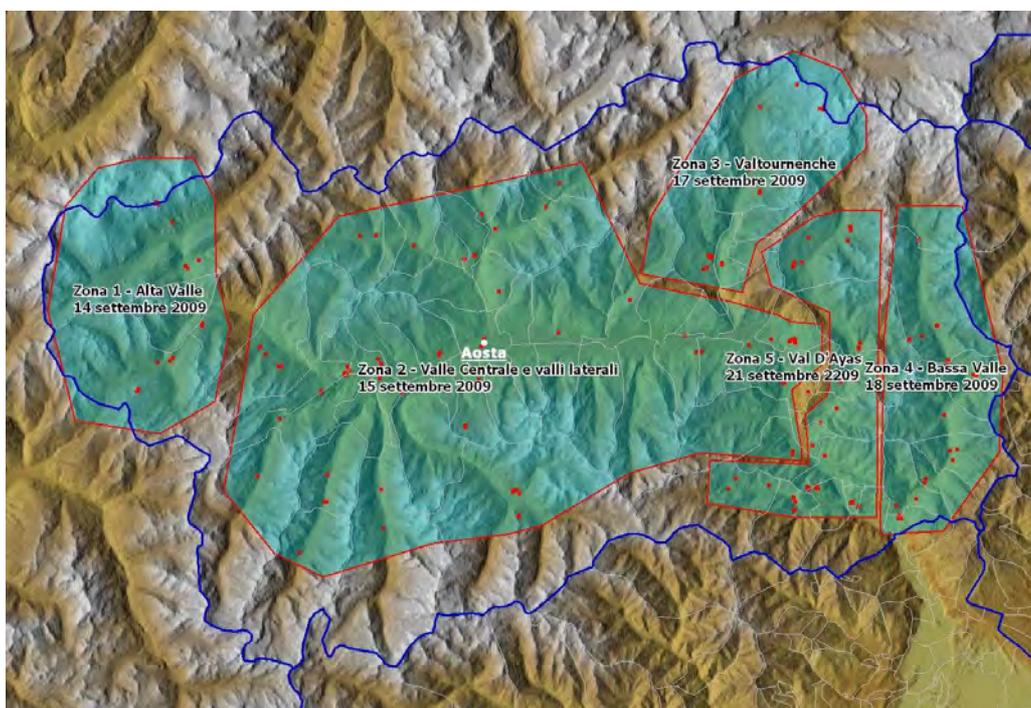


Figura 10. Suddivisione dell'Area Tecnica della Valle d'Aosta in Zone

La Fondazione Bordoni partecipa ai Tavoli Tecnici della Task-Force e fornisce il proprio supporto al MISE nelle elaborazioni necessarie per la definizione delle Zone e dei calendari di transizione in risposta ai criteri e ai vincoli sopra elencati.

### 3.3 La definizione del Masterplan

Una volta elaborato il calendario delle transizioni per le Zone in cui è stata suddivisa l'Area Tecnica è necessario procedere ad una attenta attività di pianificazione delle operazioni da specificare per ciascuno degli impianti dell'Area Tecnica.

Su mandato del Ministero, la Fondazione Bordoni elabora il calendario operativo delle transizioni, il cosiddetto Masterplan, che scaturisce dalle esigenze operative espresse nell'ambito del Tavolo Tecnico, già ampiamente introdotte, e tiene conto delle nuove assegnazioni di frequenza effettuate dal MISE contestualmente al passaggio al digitale. Si ricordi che il Masterplan è, prima di tutto, un piano di spegnimento, poiché tutti gli impianti analogici di un'Area Tecnica devono essere progressivamente spenti secondo tempistiche opportune, nell'arco temporale contemplato dal relativo Decreto Ministeriale. Lo spegnimento di tutti gli impianti analogici è necessario per abilitare la transizione al digitale di tutta l'Area mentre l'avvio delle trasmissioni in digitale è consentito nei tempi indicati dal MISE, i quali possono andare oltre gli intervalli temporali previsti per il completamento delle operazioni di spegnimento.

La stesura del Masterplan è un processo complesso e per rendersene conto è sufficiente pensare al numero di impianti e di emittenti coinvolti nel passaggio al digitale, in relazione a ciascuno dei quali, come detto, devono essere fornite informazioni specifiche e dettagliate.

Il Masterplan, quindi, per ciascuno degli impianti di ciascuna delle emittenti dell'Area Tecnica, presenti all'interno del database del Registro Nazionale delle Frequenze (RNF), contiene:

- il **Mux** che verrà trasmesso dall'impianto dopo lo switch-off;
- il **Canale radio** utilizzato prima della transizione (in analogico o in digitale) sul quale devono essere interrotte le trasmissioni;
- il **Canale radio** assegnato dal MISE per le trasmissioni in digitale dopo lo switch-off;
- la **Zona** di appartenenza;
- la **Data** prevista per lo switch-off;

- il **Numero identificativo della transizione** utilizzato per tutte le comunicazioni tra MISE e operatori televisivi, al quale viene fatto riferimento anche per lo sviluppo di alcune attività di comunicazione al pubblico.

Il Masterplan, inoltre, non contiene solo un insieme di indicazioni tecniche per gli operatori che devono attuare lo switch-off, ma rappresenta anche la base operativa per la pianificazione di una consistente serie di iniziative di comunicazione a favore del pubblico, che consentono agli utenti di essere puntualmente e compiutamente informati sull'intero svolgimento del processo. Uno stralcio del Masterplan relativo all'Area Tecnica della Campania è riportato a titolo di esempio in Figura 11.

Numero Transizione	SubArea	Zona	Data	protoc	IDemittente	IdImpianto	Tiporecord	NomeStazione	Localita	Comune	Prov	Latit	Longit	Alt	CanaleD'assegnare	Canale/Assegnato
A13-0001	1	01/12/2009	070014	1070014	20022	TD1	CASERTA MONTE MONTONE	M.MONTONE	CASERTA	CE	41N0517	14E2223	390	66	60	
A13-0002	1	01/12/2009	070014	1070014	20028	TD1	POGGIO SPINELLI	LOC. POGGIO SPINELLI	QUARTO	NA	40N5301	14E0612	60	60	60	
A13-0003	1	01/12/2009	070014	1070014	20029	TD1	MONTE FAITO	VIA ALTA DELLA CRESTA-M.FAITO	VICO EQUENSE	NA	40N5944	14E2931	1200	66	60	
A13-0004	1	01/12/2009	070014	1070014	20108	TD1	SOMMA VESUVIANA-LOC. S.MARS.	MARIA A CASTELLO	SOMMA VESUVIANA	NA	40N5108	14E2626	415	60	60	
A13-0005	1	01/12/2009	070014	1070014	20109	TD1	ERCOLANO-VIA FILARO	VIA FILARO	ERCOLANO	NA	40N5010	14E2258	270	60	60	
A13-0006	1	01/12/2009	070014	1070014	20110	TD1	CASERTA VECCHIA	CASERTA VECCHIA	CASERTA	CE	41N0532	14E2217	436	60	60	
A13-0007	1	01/12/2009	070014	1070014	20111	TD1	CAMALDOLI	CAMALDOLI	NAPOLI	NA	40N5130	14E1137	440	60	60	
A13-0008	1	01/12/2009	070013	1070013	20346	TD1	CASERTA	Via Monte Montone	CASERTA	CE	41N0524	14E2227	385	22	38	
A13-0009	1	01/12/2009	070001	1070001	20495	TD1	MONTE FAITO	VICO EQUENSE	VICO EQUENSE	NA	40N5933	14E2956	1250	52	40	
A13-0010	1	01/12/2009	070001	1000001	20516	TD1	NAPOLI CAMALDOLI		NAPOLI	NA	40N5140	14E1202	402	52	23	
A13-0011	1	01/12/2009	070017	2906265	20570	TD1	MONTE FAITO	M.TE FAITO	VICO EQUENSE	NA	40N4010	14E2848	1115	47	33	

Figura 11. Stralcio del Masterplan relativo all'Area Tecnica della Campania

Nella elaborazione del Masterplan si devono tenere in conto molte situazioni che necessitano di approfondimenti particolari e che, come tali, necessitano di approfondimenti specifici per la predisposizione opportuna delle operazioni che comportano. Di seguito si citano a titolo di esempio soltanto alcune famiglie di situazioni che richiedono analisi specifiche.

Può ad esempio accadere che taluni impianti, geograficamente appartenenti ad una Area Tecnica, debbano essere esclusi dalla transizione al digitale perché effettuano servizio sul territorio di un'Area Tecnica adiacente; è questo il caso illustrato in Figura 12. In modo del tutto duale, si può invece verificare l'analoga situazione di impianti geograficamente non appartenenti ad un'Area Tecnica che devono invece essere digitalizzati, poiché offrono servizio sul territorio dell'Area Tecnica oggetto del passaggio al digitale.

In analogia a quanto appena descritto, può accadere che, all'interno della medesima Area Tecnica, impianti geograficamente appartenenti ad una specifica Zona, possano

essere digitalizzati con tempi diversi rispetto alla calendarizzazione prevista per la Zona stessa.

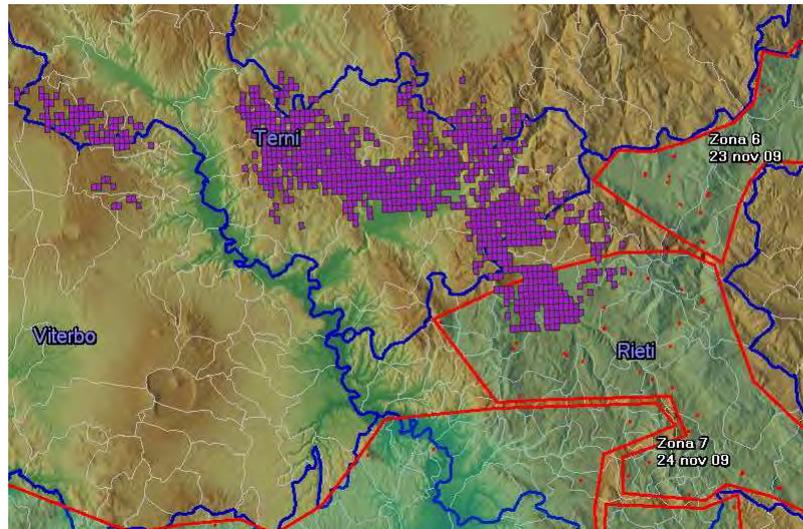


Figura 12. Esempio di impianti esclusi dalla digitalizzazione, poiché, pur appartenendo all' Area Tecnica oggetto di transizione, effettuano servizio sull' Area Tecnica adiacente

Oltre a quelle elencate esistono molte altre situazioni specifiche che devono essere gestite nel Masterplan, tra cui i casi in cui per diverse ragioni non è del tutto possibile implementare reti SFN, i casi di impianti che trasmettono Mux diversi da quelli teoricamente previsti, i casi di impianti che subiscono delocalizzazioni contestualmente allo switch-off e così via. Un resoconto dettagliato delle situazioni specifiche che è stato necessario analizzare può essere ricavato dai Report di cui al successivo capitolo 6.

Da quanto sopra esposto, è facile intuire che la predisposizione del Masterplan è profondamente interallacciata con numerose altre attività di cui si accenna soltanto nella presente relazione, poiché sono oggetto di specifici Progetti. Tuttavia, si vuole qui ricordare che, per poter elaborare un corretto Masterplan è indispensabile, prima di tutto, disporre di un database aggiornato e facilmente accessibile del Registro Nazionale delle Frequenze. I dati contenuti nel RNF, possono poi essere impiegati per condurre studi approfonditi, come ad esempio le valutazioni delle aree di copertura finalizzate alle analisi di interferenza propedeutiche alla redazione del Masterplan. Infine, come già ricordato, il Masterplan rappresenta uno strumento fondamentale non solo per chi si occupa della verifica della correttezza dello svolgimento delle operazioni in corso di switch-off, ma anche per l'organizzazione delle attività di

comunicazione e di assistenza agli utenti, tra cui la predisposizione di spazi web informativi e l'allestimento del call center.

## 4 Metodologia e strumenti operativi per la realizzazione del masterplan

Nel capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si è fatto cenno alle relazioni tra il Progetto 3 e altri progetti ad esso collegati nell'attività di pianificazione e realizzazione della transizione.

Verranno ora descritte le metodologie e i flussi di dati relativi a tali relazioni, e gli strumenti operativi individuati o sviluppati appositamente per la realizzazione del Masterplan.

### 4.1 Relazione con il Progetto 1: evoluzione delle modalità di aggiornamento del RNF e acquisizione dei dati.

Il punto di partenza per la realizzazione del Masterplan è costituito dall'elenco degli impianti legittimamente operanti nell'Area Tecnica prima della transizione, così come contenuto nel Registro Nazionale delle Frequenze (RNF) del Ministero. Prima dell'avvio dello switch-off i dati relativi agli impianti dell'Area Tecnica vengono verificati dal MISE, e integrati con le informazioni a disposizione degli Ispettorati Territoriali.

Il Registro è reso disponibile su web attraverso una interfaccia realizzata con strumenti sviluppati dalla FUB.

Nella Figura 13 è presentata una vista parziale della finestra principale di interazione con il database.

protoc	POLAR	TipoRecord	IdImpianto	NomeStazione	Localita	Comune	Prov	Latit	Longit	Altit	Canale	ErpMaxH	ErpMaxV
900583	V	TA0	22370	SUPERGA	SUPERGA	TORINO	TO	45N0440	07E4611	625	41		32
000003	H	TA0	26210	SALCITO		SALCITO	CB	41N4422	14E3034	660	30	20	
000001	H	TA0	28514	ESMATE		SOLTO COLLINA	BG	45N4726	10E0108	575	E	17	
900051	V	TA0	31330	ISOLA DEL CANTONE #		ISOLA DEL CANTONE	GE	44N3923	08E5839	805	59		19
903242	H	TA0	49948	S.VITO ROMANO	Contrada Torricella	SAN VITO ROMANO	RM	41N5248	12E5841	750	58	37	
070004	V	TD1	52774	TORINO COLLINA		TORINO	TO	45N0426	07E4009	248	29		33
1070001	H	TD1	20513	ROVERETO	ROVERETO	ROVERETO	TN	45N5405	11E0658	1580	40	28	
070011	V	TD1	20769	MONTE RUSCELLO	Cda Reginella 1 bis	QUARTO	NA	40N5303	14E0603	81	21		18

Figura 13. Vista parziale della finestra principale di interazione con il Registro Nazionale delle Frequenze

Il primo passo verso la realizzazione del Masterplan è dunque costituito dalla estrazione dal RNF dell'insieme degli impianti effettivamente e legittimamente operanti nell'Area Tecnica (individuabili nel database in base al valore "Y" nel campo "Status").

In realtà, per motivi che saranno approfonditi nel seguito, l'estrazione avviene su tutti gli impianti del territorio nazionale, e la selezione è svolta successivamente all'interno del database del Masterplan.

Le modalità di interazione con il Registro hanno subito una progressiva evoluzione attraverso i processi di transizione dell'anno 2009. In particolare si possono individuare 3 fasi temporali caratterizzate da un approccio diverso al problema:

#### 4.1.1 Fase 1 – Interfacciamento rigido senza sovrapposizioni

Nella predisposizione del Masterplan per l'Area Tecnica 2 – Valle d'Aosta, una volta effettuata l'estrazione degli impianti, il Registro è stato considerato "congelato" e non è stato oggetto di ulteriori aggiornamenti, in attesa di recepire, a valle del processo di switch-off, tutte le variazioni relative alla digitalizzazione degli impianti.

L'estrazione dal RNF costituiva dunque un'interfaccia netta, sia dal punto di vista del flusso dei dati, sia dal punto di vista della cronologia delle attività operative, tra il Progetto 1 e il Progetto 3. La trasmissione del MP definitivo costituiva la seconda interfaccia che restituiva la gestione dell'Area Tecnica al Progetto 1. In altre parole, non era prevista attività simultanea dei due progetti sulla medesima Area, come descritto in Figura 14.

La scelta di questa modalità, chiaramente orientata a massimizzare l'efficienza e a ridurre ridondanze e ambiguità nelle operazioni di gestione dei dati, si basava sull'ipotesi di poter focalizzare l'attività di sviluppo del MP sull'elaborazione delle informazioni che lo caratterizzano, cioè l'attribuzione ad ogni impianto trasmissivo di un Mux digitale, di un nuovo canale in base alle assegnazioni del MISE, di una zona e una data di transizione. In realtà, durante la predisposizione del MP si è posta l'esigenza di aggiornare al suo interno le informazioni provenienti dal RNF, in piccola parte per eliminare alcune imprecisioni residue nel database, rilevate dalle emittenti e verificate dal MISE con il supporto degli Uffici competenti e degli Ispettorati

Territoriali. Ma soprattutto, l'intensa attività di compravendita degli impianti nella fase precedente allo switch-off ha comportato una ripetuta revisione della titolarità, nonché del posizionamento e delle caratteristiche trasmissive dei medesimi (la Figura 14 illustra il flusso dei dati e le relazioni tra le attività descritte). Ciò ha fatto emergere alcuni punti di criticità di questo approccio:

- per una corretta gestione delle informazioni proprie del Registro all'interno del Masterplan è stato necessario il coinvolgimento delle competenze proprie del Progetto 1, eliminando così la netta separazione temporale degli interventi;
- d'altra parte, poiché il MP contiene solo le informazioni del Registro necessarie ai fini della pianificazione dello switch-off e della comunicazione con istituzioni, emittenti e popolazione coinvolta, alcuni aspetti delle variazioni relative agli impianti sono stati rinviati alla fase post-switch-off; ne è derivata una gestione dei dati relativi al Registro più esposta a errori e incongruenze;
- infine, accanto alle suddette criticità, comunque affrontabili con una corretta organizzazione delle procedure, si veniva a creare un impedimento all'aggiornamento dell'attività di simulazione degli scenari radioelettrici da parte del Progetto 5 (cfr. paragrafo 4.2), che richiede l'estrazione delle caratteristiche aggiornate degli impianti dal Registro; ciò avrebbe comportato forti limitazioni nella capacità di monitoraggio delle situazioni interferenziali, non particolarmente critiche nel caso dell'Area 2 ma rilevanti in altre.

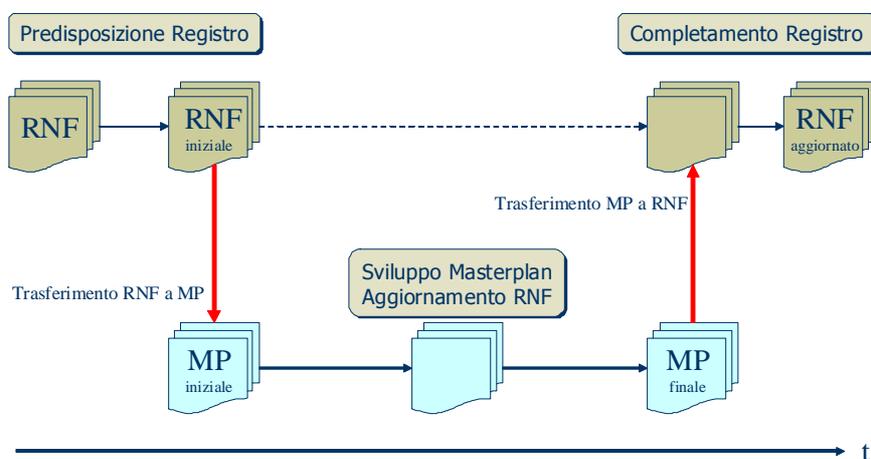


Figura 14. Attività non sovrapposta su RNF e MP.

#### 4.1.2 Fase 2 – Attività coordinata in parallelo

La rapida successione dei processi di transizione rendeva impossibile una completa revisione delle procedure. Per eliminare i problemi sopra descritti si è individuata una soluzione provvisoria applicata al processo di transizione dell'Area 1 – Piemonte occidentale. La gestione delle revisioni ai dati degli impianti è stata effettuata mediante un'attività coordinata tra Progetto 1 e Progetto 3, agendo cioè simultaneamente su RNF e MP. In questo modo si sono risolte le criticità di cui sopra, ripristinando in particolare la possibilità di aggiornare il quadro simulativo dell'Area in qualunque fase delle operazioni. Si è però introdotta una duplicazione di attività, con la conseguente necessità di maggiori risorse nelle fasi più critiche dello sviluppo, nonché la possibilità di introdurre incongruenze tra i due database. La procedura è schematicamente descritta in Figura 15.

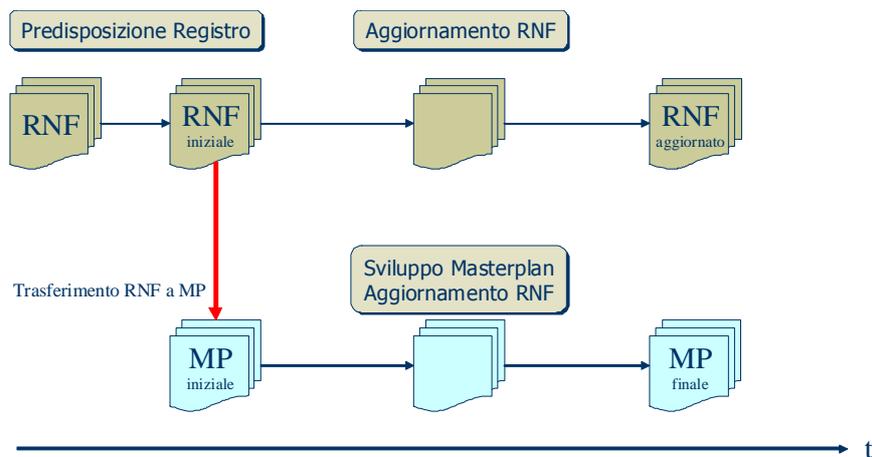


Figura 15. Attività coordinata in parallelo su RNF e MP.

#### 4.1.3 Fase 3 – Collegamento RNF – MP

Infine, a partire dallo switch-off dell'Area Tecnica 4 – Trentino-Alto Adige, si è adottata la soluzione definitiva. Questa è resa possibile dalla realizzazione di un database di lavoro per lo sviluppo del Masterplan (cfr. paragrafo 4.4) in cui può essere incorporata una estrazione del Registro in qualunque fase dei lavori preparatori. In tal modo la gestione delle informazioni proprie del RNF rimane affidata al Progetto 1,

senza duplicazioni di attività, anche durante lo sviluppo del MP. I due processi possono quindi procedere efficientemente in parallelo ed essere sincronizzati (mediante il collegamento del MP al Registro corrente) ogni volta che lo si ritenga opportuno, come illustrato in Figura 16.

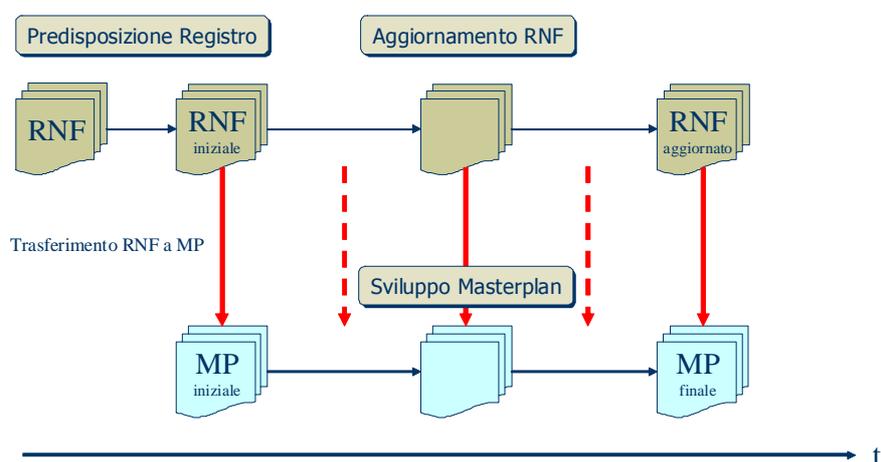


Figura 16. Attività disgiunte in parallelo con collegamento tra RNF e MP.

## 4.2 Relazione con Progetto 5: trasferimento del MP per analisi degli scenari ante e post transizione e acquisizione dei dati di simulazione.

### 4.2.1 Trasferimento del MP

Come già evidenziato in precedenza, il MISE si avvale del supporto tecnico della Fondazione per diverse attività. Gli strumenti di simulazione radioelettrica resi disponibili dal Progetto 5 vengono utilizzati per fornire dati numerici di copertura e servizio al Ministero, che ne fa uso per lo svolgimento delle proprie funzioni istituzionali (attribuzione dei Mux, assegnazione delle frequenze, soluzione di problemi interferenziali).

Le simulazioni richiedono la disponibilità delle caratteristiche trasmissive degli impianti, memorizzate nel Registro. Per quanto riguarda gli scenari ante-switch-off (ASO), in base a quanto descritto nei paragrafi precedenti, i dati possono essere equivalentemente trasferiti al Progetto 5 a partire dal Registro o dal database di sviluppo del Masterplan, che ne contiene le estrazioni. D'altra parte, le previsioni relative agli scenari post-switch-off (PSO) - effettuate cioè prima del reale

completamento della transizione - richiedono l'elaborazione dei dati del Registro assieme a quelli del Masterplan in via di sviluppo.

A tal fine è stata realizzata una query che genera una copia dei record descrittivi degli impianti dell'Area Tecnica, modificata per quanto riguarda i seguenti campi:

- *Protoc*: viene sostituito con il nuovo codice attribuito alle emittenti dopo la digitalizzazione (*IDemittente* nel MP);
- *Programma*: viene cancellato (si riferisce ai programmi analogici);
- *Bouquet*: viene sostituito con il campo *Mux* del MP;
- *TipoRecord*: viene fissato al valore "TD1";
- *Canale*: viene sostituito con il campo *CanaleAssegnato* del MP;
- *ErpMaxH*: viene modificato, secondo quanto disposto dal MISE nei diritti d'uso delle frequenze, riducendo l'Erp massimo nella direzione orizzontale per gli impianti che trasmettono in analogico alla vigilia dello switch-off;
- *ErpMaxV*: viene modificato come il precedente.

Per rendere più chiaro il flusso dei dati, e unificare le procedure e i formati impiegati, si è scelto di trasferire entrambe le tipologie di dati (ASO e PSO) al Progetto 5 a partire dal database di sviluppo del MP.

#### 4.2.2 Acquisizione dei dati di simulazione

Oltre a costituire, come già detto, uno strumento di supporto alle funzioni svolte dal MISE, i risultati delle simulazioni vengono anche trasferiti al Progetto 3, con le seguenti finalità principali:

- verifica dei criteri di attribuzione degli impianti alle zone della transizione, in base alle aree di servizio;
- individuazione di situazioni interferenziali nello scenario post-switch-off;
- individuazione di situazioni interferenziali temporanee nel corso della transizione;

- elaborazione delle aree di servizio/copertura degli impianti per ottenere tabelle di indici di servizio/copertura a livello comunale, per integrazione delle informazioni fornite dalle emittenti al Progetto 7.

### 4.3 Relazione con Progetto 7: trasferimento del MP per la realizzazione del DB delle transizioni e integrazione delle tabelle di copertura.

#### 4.3.1 Trasferimento del Masterplan

Il trasferimento di informazioni dal Progetto 3 al Progetto 7 è essenzialmente costituito dal Masterplan in forma di tabella Excel, così come viene esportato dal database di sviluppo per la distribuzione agli operatori e agli altri soggetti coinvolti, come gli Ispettorati Territoriali. Per consentire l'avvio tempestivo dell'attività di predisposizione del Database delle Transizioni, il trasferimento del MP avviene già nella fase preliminare di sviluppo, e in seguito ad ogni stadio significativo di avanzamento dei lavori.

#### 4.3.2 Indici di copertura comunali

In qualche caso è stato anche prodotto un database di indici di copertura/servizio a livello comunale per tutti gli impianti operanti nell'Area Tecnica, con lo scopo di verificare e integrare le analoghe informazioni fornite dalle emittenti e utilizzate per la comunicazione al pubblico. I tempi assai ristretti per la generazione dei MP per i processi di transizione del 2009 hanno però reso impossibile la realizzazione sistematica di tale obiettivo in tutte le Aree. Nel corso del 2010 verranno realizzate procedure efficienti per la generazione automatica del suddetto database, allo scopo di disporre di indici simulati con un sufficiente anticipo sulle date di switch-off.

### 4.4 Gli strumenti utilizzati per la predisposizione del Masterplan

Verranno ora descritti gli strumenti impiegati per la predisposizione del Masterplan delle transizioni e le procedure sviluppate per la loro integrazione nella varie fasi operative. Tralasciando le fasi preliminari di impostazione dell'attività, si farà riferimento alle metodologie consolidate a partire dalla transizione dell'Area

Tecnica 4 – Trentino Alto Adige, come già descritto nel paragrafo 4.1 per gli aspetti riguardanti i rapporti con il Registro.

Si può innanzitutto operare una distinzione tra due ambienti di lavoro, benché tra loro strettamente interconnessi e interagenti:

- un database di sviluppo del Masterplan, realizzato in Access, con l'ausilio di Excel per la maggior parte delle funzioni di Importazione/Esportazione;
- un insieme di procedure di elaborazione numerica e geografica basate su strumenti open-source o comunque di dominio pubblico.

#### 4.4.1 Descrizione sintetica delle funzionalità del database

Parallelamente alle modalità di interazione con il RNF descritte nel paragrafo 4.1, anche le procedure per lo sviluppo del Masterplan hanno subito un analogo percorso evolutivo.

Nelle prime due fasi il MP veniva sviluppato autonomamente (anche se in maniera coordinata con l'aggiornamento del Registro nella seconda fase) a partire da una estrazione iniziale degli impianti. In questo caso era quindi possibile agire direttamente sul MP sotto forma di tabella Excel, utilizzando il database Access solo come strumento di lavoro, per integrare ed elaborare con opportune query dati provenienti da diverse fonti (tabella di assegnazione delle frequenze fornita dal MISE, dati e segnalazioni forniti dagli operatori, tabella delle zone e date di transizione, e così via).

Con la terza fase (cfr. paragrafo 4.1.3) è stato necessario dotare il MP di un collegamento “dinamico” col RNF (si tratta in realtà di una importazione guidata), che permettesse in ogni istante di incorporarne gli aggiornamenti minimizzando lo sforzo e la probabilità di errore, cosa possibile solo all'interno del database di lavoro, che si trasforma così in database di generazione/sviluppo del MP.

Questo approccio rende la preparazione del MP più efficiente e affidabile, cosa che si è rivelata preziosa dato il rapido succedersi delle transizioni negli ultimi mesi del 2009.

Vengono qui riportati gli aspetti principali della metodologia impiegata.

E' stato sviluppato un notevole numero di query per

- la selezione nel Registro degli impianti interessati alla transizione;
- la generazione del Masterplan;
- la verifica della sua completezza e congruenza, la ricerca di vari tipi di errori;
- importazione ed esportazione dati;
- la generazione di report.

La maggior parte di esse risulta comunque trasparente rispetto ai dati di ingresso (principalmente, ma non solo, le importazioni del Registro), consentendo la rigenerazione di un nuovo MP in modo efficiente e controllato.

Innanzitutto è necessario selezionare dal Registro l'insieme degli impianti coinvolti, che non deriva esattamente dalla definizione (di tipo amministrativo, a livello macroprovinciale) dell'Area Tecnica, ma dalle caratteristiche del servizio svolto sul territorio. Si rende pertanto necessario, nelle zone di confine, escludere impianti dell'Area Tecnica che servono la popolazione di altre Aree, e includere impianti esterni all'Area che però svolgono un servizio rilevante all'interno. Per facilitare la gestione automatica di tali "eccezioni d'Area" si è fatto ricorso ad una query che ammette una tabella con definizione flessibile (basata anche su caratteri jolly) degli insiemi di impianti coinvolti, come esemplificato in Tabella 1. La stessa metodologia è stata poi applicata anche per altre eccezioni gestite all'interno del MP.

### Eccezioni alle attribuzioni delle Stazioni all'Area Tecnica

IDimpianto	NomeStazione	Protocollo	Programma	Bouquet	TipoEccezione	Note_Stazioni_Area
*	borghetto	*	*RAI*	*	Impianti fuori Area Tecnica inclusi nel MP	Richiesta RAI
*	castagneta	*	*	*	Impianti fuori Area Tecnica inclusi nel MP	Richiesta MDS
*	*suello	*	*	*	Impianti fuori Area Tecnica inclusi nel MP	Richiesta RAI e Telepace, estesa a RTTR
26875	*	*	*RAI*		Impianti dell'Area Tecnica esclusi dal MP	RAI, impianti collocati per servizio Veneto
25415	*	*	*RAI*		Impianti dell'Area Tecnica esclusi dal MP	RAI, impianti collocati per servizio Veneto
*	matiuizzi	*90005*	*	*	Impianti dell'Area Tecnica esclusi dal MP	Richiesta MDS, non estesa ad altri
*	matiuizzi	*		MEDIASET*	Impianti dell'Area Tecnica esclusi dal MP	Richiesta MDS, non estesa ad altri

Tabella 1. Elenco delle eccezioni di attribuzione all'Area Tecnica per il Trentino-Alto Adige

La generazione del Masterplan si basa poi su diversi livelli di query che, a partire da un MP "standard", permettono di gestire automaticamente i diversi tipi di

eccezione possibile. Il MP “standard” associa agli impianti estratti dal Registro un nuovo identificativo di emittente digitale, il Mux trasmesso e il canale SFN assegnato, nonché zona e data di transizione. La sua struttura è riportata in Figura 17.

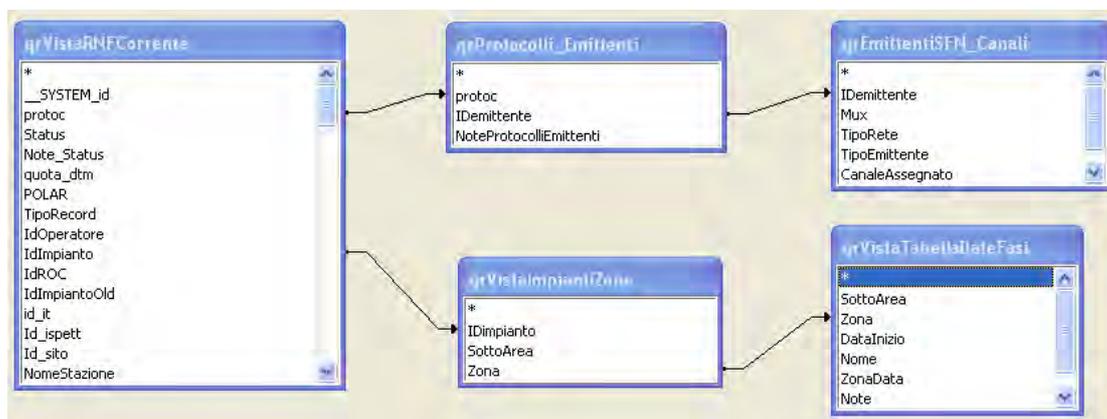


Figura 17. Struttura della query per la generazione del MP “standard” (livello 0).

Le query dei livelli successivi gestiscono le seguenti eccezioni:

- reti strutturate come MFN (tipicamente il Mux1-RAI);
- eccezioni nell’associazione di un impianto all’emittente/Mux digitale (solo per operatori con più Mux);
- eccezioni nell’associazione di un impianto a una zona (ad esempio in base all’area di servizio o a esigenze di rete);
- eccezioni nell’associazione di un impianto al canale assegnato (ad esempio in base a problemi interferenziali o di distribuzione del segnale);
- eccezioni nell’associazione di un impianto a una data di switch-off, a parità di zona;
- eccezioni dovute a spostamenti di impianti contestuali alla transizione (ad esempio per la soluzione di problematiche autorizzative con enti locali).

La Figura 18 mostra, a titolo di esempio, la struttura della query di livello 2.

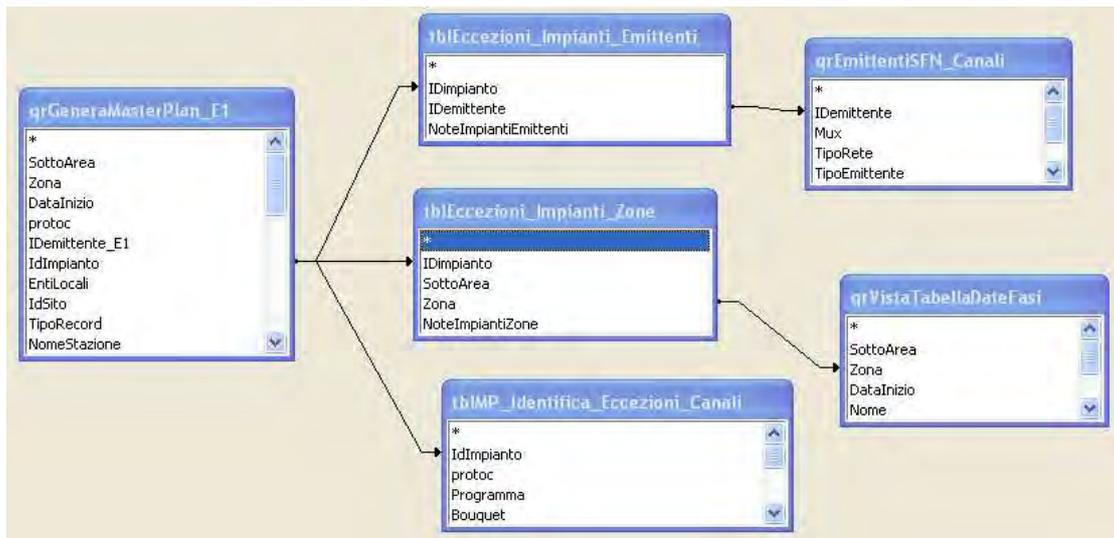


Figura 18. Struttura della query per la generazione del MP di livello 2.

#### 4.4.2 Funzioni di elaborazione geografica tramite GIS

Lo sviluppo del Masterplan comprende operazioni che utilizzano funzioni di elaborazione e visualizzazione basate su GIS. Tra queste operazioni figurano principalmente:

- l'identificazione delle Zone di transizione e la loro rappresentazione sulle mappe del territorio;
- l'attribuzione degli impianti alle diverse Zone e alle date corrispondenti;
- la generazione di mappe di copertura/servizio degli impianti a partire dai risultati delle simulazioni effettuate nell'ambito del Progetto 5, e la verifica in base a queste delle attribuzioni di cui al punto precedente;
- l'identificazione o verifica di situazioni di interferenza transitorie legate all'attribuzione a Zone e date;
- la post-elaborazione delle simulazioni di copertura/servizio, effettuate su una griglia di punti sul territorio (detti "pixel"), mediante attribuzione dei pixel ai Comuni e conseguente aggregazione dei dati a livello comunale.

Per lo svolgimento di tali operazioni sono stati utilizzati diversi strumenti e dati, integrati con procedure su piattaforma Unix-like (ad es. MSYS su Windows):

- GIS non commerciali (MapWindow, QGIS) per le funzioni interattive e di visualizzazione;
- librerie di pubblico dominio per le funzioni di elaborazione batch (GDAL/OGR, Saga);
- mappe raster e vettoriali del territorio ottenute da elaborazioni di dati di pubblico dominio (DEM, confini amministrativi ISTAT etc.).

## 5 Attività sulle Aree Tecniche digitalizzate nel corso del 2009

Dalla metà di settembre è cominciato il completo passaggio al digitale delle 5 Aree Tecniche la cui digitalizzazione era prevista per il 2009:

- **Area Tecnica n. 2 – Valle d’Aosta**, corrispondente all’intero territorio regionale, digitalizzata nel periodo dal 14 al 23 settembre;
- **Area Tecnica n. 1 – Piemonte Occidentale**, corrispondente alle province di Torino e Cuneo, digitalizzata nel periodo dal 24 settembre al 9 ottobre;
- **Area Tecnica n. 4 – Trentino Alto Adige**, corrispondente alle province di Trento e Bolzano, digitalizzata nel periodo dal 15 ottobre al 13 novembre;
- **Area Tecnica n. 12 – Lazio**, corrispondente all’intero territorio regionale esclusa la provincia di Viterbo, digitalizzata nel periodo dal 16 al 30 novembre;
- **Area Tecnica n. 13 – Campania**, corrispondente all’intero territorio regionale, digitalizzata nel periodo dal 1 al 16 dicembre.

Nelle Aree sopra indicate sono stati previsti anche alcuni processi di switch-over che, come noto, consistono nello spegnimento dei segnali analogici con conseguente conversione in digitale, degli impianti di due sole reti: Raidue e Rete4. I processi di switch-over sono stati effettuati come segue:

- provincia di Trento e alcuni comuni della provincia di Bolzano dal 15 febbraio 2009;
- province di Torino e Cuneo dal 20 maggio 2009;

- provincia di Roma e alcune zone limitrofe dal 16 giugno 2009;
- Napoli, Salerno e zone limitrofe dal 10 settembre 2009.

In Valle d'Aosta lo switch-over era stato avviato in precedenza, precisamente il 16 aprile del 2007, interessando Aosta e i comuni limitrofi.

## 5.1 Area Tecnica della Valle d'Aosta

Il processo di switch-off in Valle d'Aosta è iniziato il 14 settembre e si è concluso il 23. Come illustrato in Figura 19, l'Area Tecnica è stata suddivisa in 5 zone:

- Alta Valle interessata al passaggio dal 14 settembre;
- Valle Centrale e Valli Laterali (15 settembre);
- Valtournenche (17 settembre);
- Bassa Valle (18 settembre);
- Val d'Ayas (21 settembre).

Il processo ha interessato 484 impianti, 74 comuni e oltre 125.000 cittadini. Sono stati coinvolti nel passaggio 17 operatori televisivi di cui 7 nazionali e 10 locali.

In Tabella 2 e in Tabella 3 viene riportato l'elenco, con l'associazione emittente-canale, delle nuove assegnazioni digitali disposte dal MISE per la Valle d'Aosta, rispettivamente ordinato in base al numero del canale e alla denominazione dell'emittente.

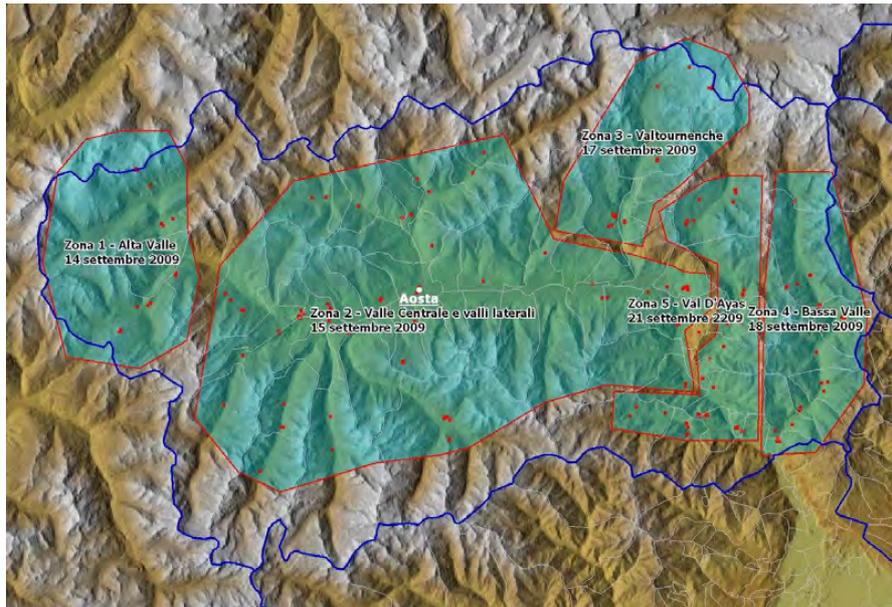


Figura 19. Suddivisione dell'Area Tecnica della Valle d'Aosta in Zone

Tabella 2. Assegnazione frequenze (ordinata per canale) in Valle d'Aosta	
Canale	Emittente
5	RAI Mux 1 MFN
9	RAI Mux 1 MFN
22	Tele Campione
24	Tele Studio
25	RAI (per il DVB-H)
26	RAI
28	Rete S. Vincent
30	RAI
32	Rete 7
33	Rete A

34	Studio Nord Tv
35	Video Nord
36	Mediaset
37	Gruppo H3G
38	Mediaset (per il DVB-H)
40	RAI
42	Canale Italia 2
43	Tele Radio City
44	Tele Star
46	Rete A
47	Gruppo Telecom Italia Media
48	Gruppo Telecom Italia Media
49	Mediaset
50	Prima TV
52	Mediaset
56	Mediaset
57	Rete Capri
59	Studio Nord Tv
60	Gruppo Telecom Italia

	Media
65	Rete S. Vincent
66	E 21 Network

Tabella 3. Assegnazione frequenze (ordinata per emittente) in Valle d'Aosta

Emittente	Canale
Canale Italia 2	42
E 21 Network	66
Gruppo H3G	37
Gruppo Telecom Italia Media	47, 48, 60
Mediaset	36, 38 (per il DVB-H), 49, 52, 56
Prima TV	50
RAI	25 (per il DVB-H), 26, 30, 40
RAI Mux 1 MFN	5, 9
Rete 7	32
Rete A	33, 46
Rete Capri	57
Rete S. Vincent	28,65
Studio Nord Tv	34,59
Tele Campione	22
Tele Radio City	43
Tele Star	44
Tele Studio	24
Video Nord	35

## 5.2 Area Tecnica del Piemonte Occidentale

Per il Piemonte Occidentale il passaggio al digitale ha visto, naturalmente, il coinvolgimento di numeri molto più significativi rispetto a quanto si è registrato in Valle d'Aosta. Il processo è iniziato il 24 settembre e si è concluso l'8 ottobre, con una suddivisione dell'Area Tecnica in 12 zone (si veda la Figura 20), corrispondenti a 5 aree geografiche identificabili come:

- provincia di Cuneo orientale, dal Roero orientale al Monregalese (24-26 settembre);
- provincia di Cuneo occidentale, dalla Valle Gesso alla Valle Po (28-30 settembre);
- Val Chisone, Val Pellice, Val di Susa (1-2 ottobre);
- provincia di Torino occidentale, dalle Valli di Lanzo al Canavese Occidentale (3-6 ottobre);
- Torino e pianura torinese, Cuneo e pianura cuneese (7-9 ottobre).

Per il programma delle transizioni è stato quindi previsto un periodo di 16 giorni per consentire alle emittenti di effettuare gli interventi tecnici necessari su tutti gli impianti, riducendo in tempi brevi eventuali disagi per i cittadini.

La transizione in Piemonte Occidentale ha interessato 1293 impianti, 840 comuni e circa 4.500.000 cittadini; gli operatori televisivi coinvolti sono stati in tutto 35, di cui 7 nazionali e 28 locali. Si osservi che nelle operazioni della sola giornata del 7 ottobre, durante la quale è stato previsto il passaggio al digitale delle città di Torino e di Cuneo, hanno interessato 349 impianti, 499 comuni e circa 3 milioni di abitanti.

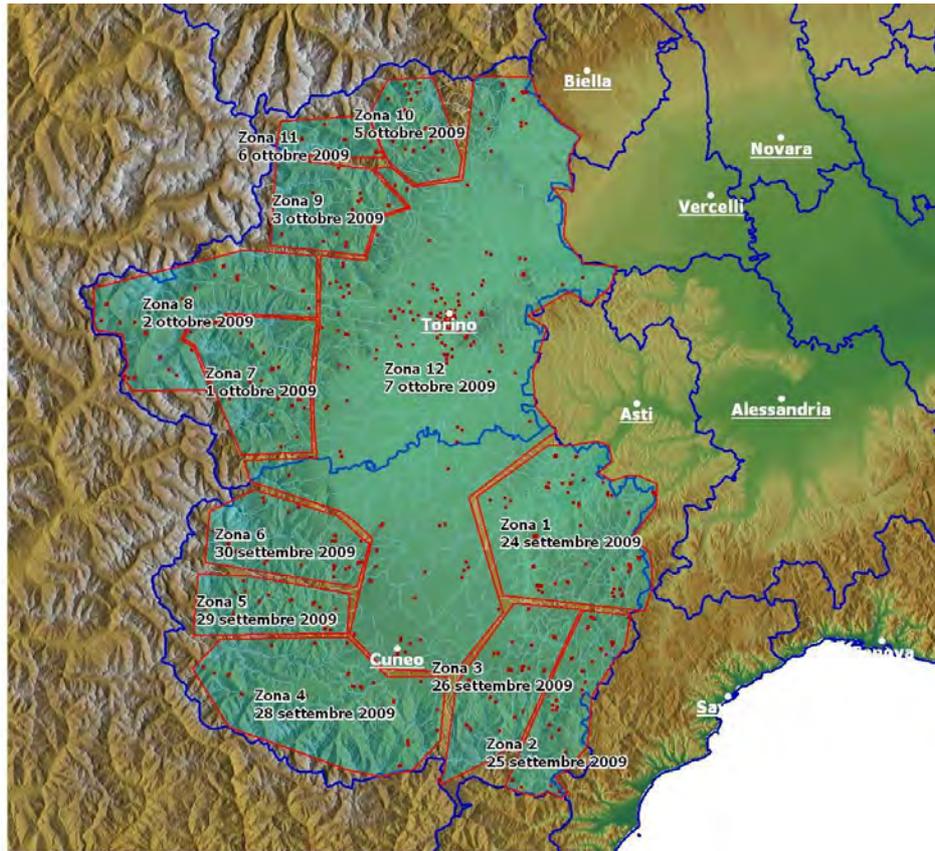


Figura 20. Suddivisione dell'Area Tecnica del Piemonte in Zone

In Tabella 4 e Tabella 5 in viene riportato l'elenco, con l'associazione emittente-canale, delle nuove assegnazioni digitali disposte dal MISE per il Piemonte, rispettivamente ordinato in base al numero del canale e alla denominazione dell'emittente.

Tabella 4. Assegnazione frequenze (ordinata per canale) in Piemonte Occidentale	
Canale	Emittente
5	RAI Mux 1 MFN
6	RAI Mux 1 MFN
9	RAI Mux 1 MFN

11	RAI Mux 1 MFN (su alcune aree concordate con il Ministero)
21	Motori TV
22	RAI Mux 1 MFN – Assegnato per Torino città
23	E 21 Network
24	Tele Studio
25	RAI (per il DVB-H)
26	RAI
27	Tv Italia
29	Quinta Rete
30	RAI
31	Quadrifoglio Tv
32	Rete 7
33	Rete A
34	Studio Nord Tv
35	Video Nord
36	Mediaset
37	Gruppo H3G
38	Mediaset (per il DVB-H)
39	GRP Televisione
40	RAI

41	Tele Star
42	Primantenna
43	Italia 8
44	Rete A
45	Tele Radio City
46	Sesta Rete
47	Gruppo Telecom Italia Media
48	Gruppo Telecom Italia Media
49	Mediaset
50	Prima TV
51	La 9
52	Mediaset
53	Canale Italia
56	Mediaset
57	Rete Capri
59	Tele Subalpina
60	Gruppo Telecom Italia Media
61	Video Gruppo
62	Tele Campione
63	TBNE

63	Tele Genova (limitatamente all'area di servizio dell'impianto di Rocchetta Camerana)
64	Tele Cupole
65	Rete S. Vincent
66	Tele Granda
67	Quarta Rete
68	Rete Canavese
68	Tele Liguria (limitatamente all'area di servizio dell'impianto di Rocchetta Camerana)

Tabella 5. Assegnazione frequenze (ordinata per emittente) in Piemonte Occidentale	
Emittente	Canale
Canale Italia	53
E 21 Network	23
GRP Televisione	39
Gruppo H3G	37
Gruppo Telecom Italia Media	47, 48, 60
Italia 8	43
La 9	51
Mediaset	36, 38 (per il DVB-H), 49, 52, 56

Motori Tv	21
Primantenna	42
Prima TV	50
Quadrifoglio Tv	31
Quarta Rete	67
Quinta Rete	29
RAI	25 (per il DVB-H), 26, 30, 40
RAI Mux 1 MFN	5, 6 e 9  22 - Assegnato per Torino Città  11 – Assegnato su alcune aree concordate con il Ministero
Rete 7	32
Rete A	33, 44
Rete Canavese	68
Rete Capri	57
Rete S. Vincent	65
Sesta Rete	46
Studio Nord Tv	34
TBNE	63

Tele Campione	62
Tele Cupole	64
Tele Genova (limitatamente all'area di servizio dell'impianto di Rocchetta Camerana)	63
Tele Granda	66
Tele Liguria (limitatamente all'area di servizio dell'impianto di Rocchetta Camerana)	68
Tele Radio City	45
Tele Star	41
Tele Studio	24
Tele Subalpina	59
Tv Italia	27
Video Gruppo	61
Videonord	35

### 5.3 Area Tecnica del Trentino Alto Adige

Dopo la Valle d'Aosta e il Piemonte Occidentale, è stato il Trentino Alto Adige a passare al digitale. In prima battuta l'Area Tecnica è stata suddivisa in due Sottoaree, corrispondenti alle due province di Trento e di Bolzano, le quali hanno effettuato il

passaggio al digitale dal 15 al 30 ottobre e dal 26 ottobre al 13 novembre rispettivamente.

La Sottoarea Tecnica della provincia di Trento è stata suddivisa in 9 zone, come mostrato in Figura 21, identificabili come:

- Valli Giudicarie (15 ottobre);
- Val Rendena (16 ottobre);
- Val di Sole (19 ottobre);
- Val di Fassa (20 ottobre);
- Primiero (21 ottobre);
- Valsugana (22 ottobre);
- Vallagarina (23 ottobre);
- Val di Legro, Alto Garda (26 ottobre);
- Trento, Val d'Adige e valli Laterali (27 ottobre);

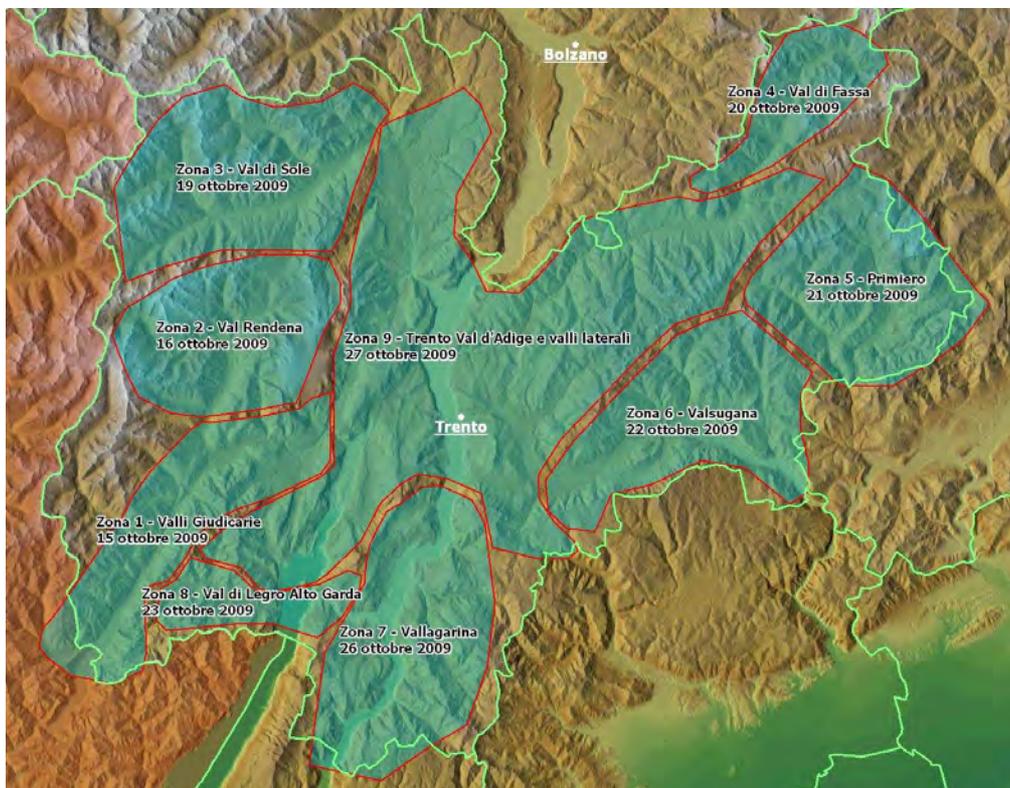


Figura 21. Suddivisione della Sottoarea Tecnica della Provincia di Trento in Zone

Il processo di transizione ha interessato 885 impianti, 223 comuni e oltre 470.000 cittadini. Sono stati coinvolti nel passaggio 28 operatori televisivi di cui 7 nazionali e 21 locali.

La Sottoarea Tecnica della provincia di Bolzano è stata suddivisa in 8 zone, come mostrato in Figura 22:

- Bolzano e Valli laterali (28 ottobre);
- Alta Val Venosta (29 ottobre);
- Val Venosta (30 ottobre);
- Valle d'Isarco (3 novembre);
- Valle Aurina (4 novembre);
- Val Pusteria (6 novembre);
- Val Gardena e Val Badia (9 novembre);
- Isarco Bressanone (11 novembre).

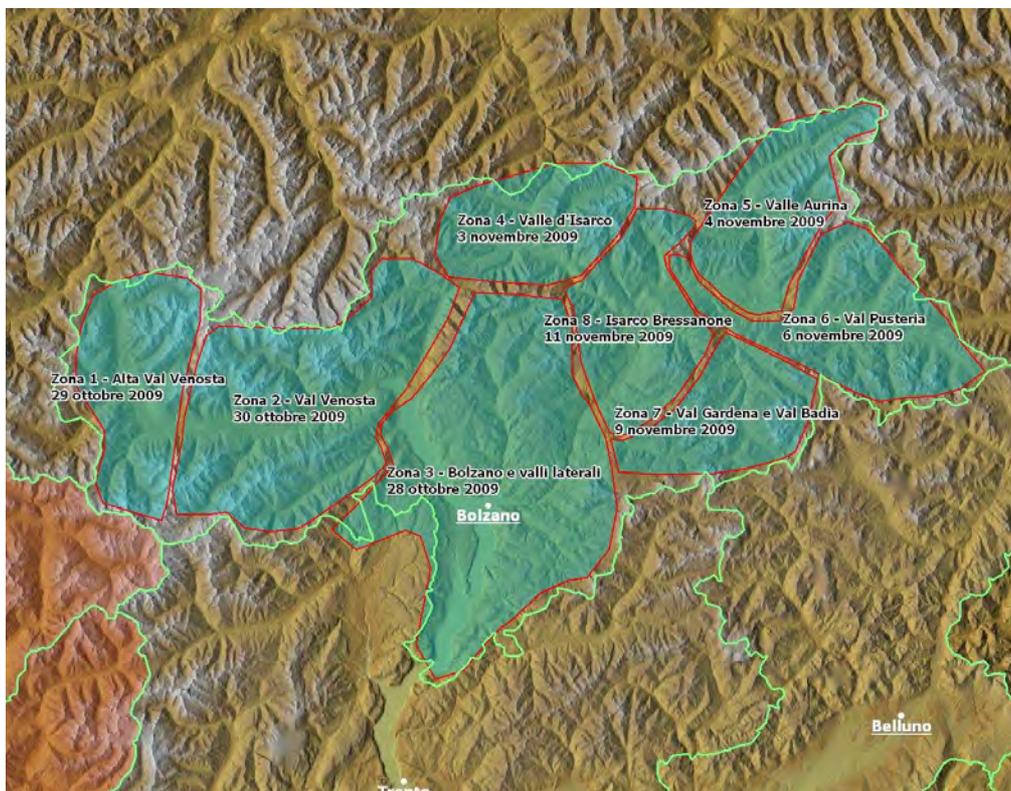


Figura 22. Suddivisione della Sottoarea Tecnica della Provincia di Bolzano in Zone

Il processo di transizione ha interessato 957 impianti, 116 comuni e oltre 460.000 cittadini. Sono stati coinvolti nel passaggio 18 operatori televisivi di cui 6 nazionali e 12 locali, tra cui anche la RAS, emittente del servizio pubblico radiotelevisivo della Provincia Autonoma di Bolzano.

L'assegnazione delle frequenze nelle due Sottoaree Tecniche del Trentino Alto Adige è avvenuta in maniera congiunta. In Tabella 6 e Tabella 7 in viene riportato l'elenco, con l'associazione emittente-canale, delle nuove assegnazioni digitali disposte dal MISE, rispettivamente ordinato in base al numero del canale e alla denominazione dell'emittente.

Tabella 6. Assegnazione frequenze (ordinata per canale) in Trentino Alto Adige	
Canale	Emittente
5	RAI Mux 1 MFN
6	RAI Mux 1 MFN
9	RAI Mux 1 MFN
21	Antenna 3 Veneto
22	RAI Mux 1 MFN
23	Brescia Punto TV
25	RAI (per il DVB-H)
26	RAI
27	RAS
29	VideoBolzano
30	RAI
31	TCA

32	Tele Padova
33	Rete A
34	RAS
34	Tele Belluno
36	Mediaset
37	Gruppo H3G
38	Mediaset (per il DVB-H)
39	Canale Italia 2
40	RAI
42	Telepace
43	La 9
44	Rete A
45	RTTR
46	Antenna 3 Lombardia
47	Gruppo Telecom Italia Media
48	Gruppo Telecom Italia Media
49	Mediaset
50	Prima TV
51	RAS
51	Teletutto

52	Mediaset
53	Canale Italia
56	Mediaset
57	Rete Capri
59	RAS
59	Rete Brescia
60	Gruppo Telecom Italia Media
61	Telenuovo
62	Tele Campione
63	Tele Radio City Lombardia
64	Triveneta
65	Tele Star Lombardia
67	La 8
68	Welcome TV

Tabella 7. Assegnazione frequenze (ordinata per emittente) in Trentino Alto Adige

Emittente	Canale
Antenna 3 Lombardia	46
Antenna 3 Veneto	21
Brescia Punto TV	23

Canale Italia	53
Canale Italia 2	39
Gruppo H3G	37
Gruppo Telecom Italia Media	47, 48, 60
La 8	67
La 9	43
Mediaset	36, 38 (per il DVB-H), 49, 52, 56
Prima TV	50
RAI	25 (per il DVB-H), 26, 30, 40
RAI Mux 1 MFN	5, 6 e 922 – Per esigenze di ricezione dell'utenza
RAS	27, 34, 51, 59
Rete A	33, 44
Rete Brescia	59
Rete Capri	57
RTTR	45
TCA	31
Tele Belluno	34
Tele Campione	62

Telenuovo	61
Tele Padova	32
Tele Radio City Lombardia	63
Telepace	42
Tele Star Lombardia	65
Teletutto	51

#### 5.4 Area Tecnica del Lazio

La transizione dell'Area Tecnica del Lazio, con il coinvolgimento di Roma, prima capitale europea ad essere completamente digitalizzata, è stata naturalmente la più importante ad essere stata realizzata nel 2009. Il processo è iniziato il 16 novembre e si è concluso il 30 novembre, con una suddivisione dell'Area Tecnica in 9 zone (si veda la Figura 23), corrispondenti a 4 aree geografiche identificabili come:

- città di Roma e provincia, città di Latina e zona Pontina (16 - 18 novembre);
- provincia di Frosinone (19 - 21 novembre);
- provincia di Rieti (23 - 24 novembre);
- provincia di Latina meridionale e Isole Ponziane (25 - 30 novembre).

Per il programma delle transizioni è stato quindi previsto un periodo di 15 giorni per consentire alle emittenti di effettuare gli interventi tecnici necessari su tutti gli impianti, riducendo in tempi brevi eventuali disagi per i cittadini.

La transizione nel Lazio ha interessato 1223 impianti, e circa 4.830.000 cittadini; gli operatori televisivi coinvolti sono stati in tutto 72, di cui 7 nazionali e 65 locali.



Figura 23. Suddivisione dell'Area Tecnica del Lazio in Zone

## 6 Realizzazione di Report sulla transizione nelle aree tecniche

Tra le funzioni realizzate dal database di sviluppo del Masterplan c'è la produzione di report basati su opportune query, che presentano le informazioni contenute nel MP sotto forma sintetica o aggregate in modo da consentire l'osservazione di aspetti di particolare rilievo, come la condivisione di frequenze a diversi livelli territoriali.

I 5 set di report per le Aree Tecniche digitalizzate nel 2009 sono forniti tra gli Allegati, assieme ai relativi Masterplan. Anche se per lo più i report sono autoesplicativi, per facilitarne la consultazione nel seguito viene riportato l'elenco di quelli che costituiscono il set per il caso più generale (per ogni Area Tecnica solo una parte dei report descritti potrebbe essere presente e significativa) con una breve descrizione ove necessario.

### Dati generali

**Intestazione** – Oltre ai dati generali sul processo di switch-off viene riportato (a partire dall'Area Tecnica 4) il riferimento alle date di estrazione del RNF all'inizio e al termine dello sviluppo del MP.

**Definizione dell'Area Tecnica – Province** – Assieme all'elenco delle province dell'Area Tecnica vengono evidenziate le ulteriori province coinvolte nella selezione del RNF, o in quanto confinanti (vengono comunque comprese per verificare la presenza di impianti che svolgono servizio nell'Area) o comunque elettromagneticamente collegate (vengono estratte per predisporre le simulazioni).

### Sintesi della situazione ante-switch-off

**Elenco emittenti prima della transizione** – Viene in particolare evidenziato il numero di canali utilizzati.

**Utilizzo canali prima della transizione** – Viene in particolare evidenziato il numero di emittenti operanti sul canale.

### Generazione del Masterplan e eccezioni

**Eccezioni alle attribuzioni delle Stazioni all'Area Tecnica** – Riporta la tabella delle eccezioni d'Area, descritte nel paragrafo 4.4.1. Il report è esemplificato in Tabella 1.

### **Associazione tra Protocolli/Programmi iniziali e Emittenti/Mux finali**

**Elenco emittenti SFN dopo la transizione** – Riporta i canali utilizzati dalle emittenti SFN

**Elenco emittenti MFN dopo la transizione - Utilizzo canali** – Riporta i canali utilizzati dalle emittenti MFN e segnala le condivisioni con altra emittente.

### **Eccezioni alle associazioni Protocolli/Mux per specifici Impianti**

### **Eccezioni alle associazioni Mux/Canali per specifici Impianti**

### **Elenco Zone transizione**

### **Modifiche alle associazioni di specifici Impianti alle Zone della transizione**

### **Modifiche alle associazioni di specifici Impianti alle date della transizione**

### **Elenco degli spostamenti di impianti in fase di transizione**

### Sintesi della situazione post-switch-off

**Utilizzo canali dopo la Transizione** – Viene in particolare evidenziato il numero di mux operanti sul canale.

**Condivisioni di canale** – Si tratta di un insieme di report che elenca in dettaglio le condivisioni di canali tra mux o soggetti diversi (nel secondo caso ignorando condivisioni tra mux distinti di un medesimo operatore), a livello di provincia, zona, comune, sito (quest'ultimo ha per ora valore orientativo, in quanto basato sul riconoscimento del nome della stazione, che è utilizzato in maniera non univoca all'interno del RNF).

## **7 Sigle ed abbreviazioni**

Le sigle ed abbreviazioni utilizzate nel presente documento hanno i significati qui sotto riportati.

AGCOM	Agenzia per le garanzie nelle comunicazioni
CNID	Comitato Nazionale Italia Digitale
DGTvi	Associazione italiana per lo sviluppo del Digitale Televisivo Terrestre
DM	Decreto Ministeriale
FUB	Fondazione Ugo Bordon
Fondazione	Fondazione Ugo Bordon (ove non diversamente specificato)
IT	Ispettorati Territoriali
MFN	Multi Frequency Network
Ministero	Ministero dello Sviluppo Economico – Dipartimento per le Comunicazioni (ove non diversamente specificato)
MISE	Ministero dello Sviluppo Economico – Dipartimento per le Comunicazioni
MP	MasterPlan

MUX	Multiplex dei programmi trasmessi sul medesimo canale radio
RNF	Registro Nazionale delle Frequenze
Registro	Registro Nazionale delle Frequenze
SFN	Single Frequency Network
TF	Task-Force
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency



## Allegati

---

Documenti allegati nel CD:

- MasterPlanVdA\_10settembre2009
- (PROG03CONV\_ Allegato 01 MasterPlan\_VdA.pdf)
  
- Masterplan\_TOCN\_30settembre2009
- (PROG03CONV\_ Allegato 02 Masterplan\_TOCN.pdf)
  
- Masterplan\_BZTN\_14ott2009
- (PROG03CONV\_ Allegato 03 Masterplan\_BZTN.pdf)
  
- Masterplan\_Lazio\_28nov2009
- (PROG03CONV\_ Allegato 04 Masterplan\_Lazio.pdf)
  
- Transizione alla Televisione Digitale Terrestre – Valle d’Aosta
- (PROG03CONV\_ Allegato 06 Report\_MP\_VdA.pdf)
  
- Transizione alla Televisione Digitale Terrestre – Piemonte occidentale
- (PROG03CONV\_ Allegato 07 Report\_MP\_TOCN.pdf)
  
- Transizione alla Televisione Digitale Terrestre – Report MasterPlan – Trentino-Alto Adige
- (PROG03CONV\_ Allegato 08 Report\_MP\_BZTN.pdf)
  
- Transizione alla Televisione Digitale Terrestre – Report MasterPlan – Lazio
- (PROG03CONV\_ Allegato 09 Report\_MP\_Lazio.pdf)
  
- Relazione finale: Pianificazione della Transizione nelle Aree Tecniche
- (PROG03CONVRelazioneFinale2009.pdf)



# Metodologie per la verifica della Qualità del Servizio

PROG04CONV

Responsabile Ing. Paolo Talone





## PROG04CONV: Metodologie per la verifica della Qualità del Servizio

### Sommario

Il processo di transizione alla tecnologia digitale delle piattaforme terrestri di diffusione televisiva, rende sempre più necessario definire le metodologie per la determinazione della qualità del servizio televisivo sul territorio nazionale. Per qualità del servizio si intende sia quella percepibile dall'utente che usufruisce del servizio (lo spettatore televisivo), sia quella che deriva dal corretto utilizzo dello spettro anche in funzione delle licenze, delle emissioni non autorizzate, nonché dell'effettivo utilizzo o non utilizzo delle bande secondo i termini delle licenze ricevute e delle relative prescrizioni.

In tale contesto, questo lavoro è dedicato essenzialmente alle metodologie, ovvero alla definizione delle misure da operare presso gli eventuali centri di controllo. Verranno pertanto descritti i principi di misura, le procedure e la strumentazione che risultano propedeutici alla realizzazione di un sistema di monitoraggio per trasmissioni televisive digitali terrestri (DVB-T) mirato alla valutazione del corretto impiego dello spettro ed alla QoS del servizio televisivo.

In particolare vengono descritte:

- le metodologie per la determinazione della qualità del servizio televisivo e del corretto sfruttamento dello spettro radio.
- le informazioni necessarie alle valutazioni di cui sopra.

Il tutto è visto nell'ottica di un sistema nazionale di misura con copertura estesa all'intero territorio nazionale, che operi come "Rete di rilevamento" delle emissioni su ciascuna zona del territorio, riconoscendo i flussi digitali dei multiplex e riportando i dati ad un "Centro di controllo nazionale" per confronto in tempo reale e verifica di coerenza con i dati memorizzati nel Registro Nazionale delle Frequenze. Il sistema dovrebbe acquisire sul territorio i parametri fondamentali della qualità dei servizi televisivi che verranno descritti in questo lavoro e riportarli ad un "Centro di controllo nazionale". Il sistema dovrebbe inoltre, se necessario, acquisire i flussi digitali e trasferirli al medesimo Centro di controllo al fine di operare le misure soggettive ed oggettive più approfondite sulla qualità dei media digitali descritte nella sez 4.

Un siffato sistema di controllo dovrebbe articolarsi su una rete fissa con postazioni di misura connesse al Centro di controllo nazionale. Il dimensionamento della granularità delle postazioni costituisce un problema che verrà affrontato nei successivi sviluppi del progetto.

Il sistema verrebbe completato da un insieme di postazioni mobili che operino misure sul territorio riportandole, di preferenza, direttamente ed in tempo reale al Centro di controllo. Ove le dimensioni dei dati non consentano l'uso delle reti di comunicazioni mobili, il conferimento dei dati potrebbe avvenire in tempo differito attraverso le

postazioni fisse usufruendo di opportune registrazioni effettuate dagli opportuni punti di misura descritti nella sezione 2.

Il presente lavoro, che come si è detto è riferito alle metodologie di misura, si articola in 5 sezioni più un Allegato :

1. Metodologie per la localizzazione e la verifica di copertura dei trasmettitori di televisione digitale terrestre

L'implementazione della modulazione digitale nelle reti broadcast televisive, ha determinato una evoluzione delle metodologie per la localizzazione e la verifica di copertura dei trasmettitori di televisione digitale terrestre che risultano essere sensibilmente diverse da quelle adottate per le esistenti reti analogiche. In tale ottica appare naturale una ridefinizione dei parametri, delle regole e delle metodologie che ne caratterizzano il funzionamento, seguendo un approccio di carattere generale che sia anche riconosciuto a livello internazionale. La presente sezione del documento si propone di analizzare in modo approfondito questi aspetti e sinteticamente si può dividere in tre parti.

- Nella prima vengono elencati ed analizzati alcuni specifici parametri di sistema le cui caratteristiche funzionali sono state definite anche a seguito di accordi multi-laterali tra i diversi paesi, stabiliti allo scopo di definire norme e procedure di coordinamento atte a guidare il processo di introduzione dello standard DVB-T (Final Acts della Regional Radio Conference di Ginevra del 2006 (RRC-06)).
- Nella seconda parte viene proposta una panoramica delle raccomandazioni ITU-R esistenti sull'argomento fornendo, per ciascuna di esse, una sommaria descrizione delle principali direttive indicate da questo importante organo di regolamentazione internazionale.
- Nella terza ed ultima parte, vengono descritte ed analizzate le principali metodologie, adottate a livello internazionale (ECC, ITU), per la localizzazione e la verifica di copertura dei trasmettitori di televisione digitale terrestre, con particolare riferimento alle reti SFN.

2. Metodologie per la verifica della qualità "tecnica" del segnale RF e del TS per emissioni DTT Le linee guida dell' ETSI per misure su piattaforme di diffusione DVB

Individuato il sito di trasmissione in una rete DTT ed effettuate le misure relative alla localizzazione ed alla copertura, appare necessario verificare una serie di parametri legati alle seguenti classi di misure:

- Misure a radiofrequenza per il DVB-T. Queste consistono nella verifica di alcuni parametri di base caratteristici della modulazione OFDM, direttamente sul segnale a radiofrequenza ricevuto. Tali misure forniscono un primo quadro delle criticità del sistema..
- Analisi delle costellazioni (IQ signal analysis), che mette in luce i fattori di degradazione che influenzano il corretto riconoscimento da parte del ricevitore dei simboli modulati sulle singole portanti OFDM.
- Misure specifiche per reti SFN, riguardano parametri particolarmente significativi nel caso di uso di reti a frequenza singola (SFN), come si prevede avvenga in Italia. Tra questi si ricordano l'intervallo di guardia GI, l'overall

signal delay e tutti quelli inerenti alla sincronizzazione a livello di "megaframe".

- Tasso d'errore dell'intero flusso di dati (Transport Stream) come ricevuto dal decoder d'utente. Queste misure individuano gli errori presenti nel flusso digitale, sia che questi possano essere corretti dai sistemi FEC (risultando pertanto privi di effetti) sia che non possano essere corretti (esercitando quindi influenza diretta sulla qualità percepita del servizio).
- Verifiche sulla Sintassi del Transport Stream MPEG-2 che in presenza di errori reali (non corretti) nel segnale digitale, forniscono una prima indicazione dell'effetto degli errori medesimi sul servizio. Una valutazione esatta della qualità percepita dall'utente, è comunque demandata a misure sulla qualità dei segnali audio video (il video viene trattato nella sezione 4).
- Parametri globali del servizio che, basandosi sui risultati delle misure sopradescritte, identificano le prestazioni della trasmissione digitale dall'ingresso del segnale MPEG-2 TS nel sistema DVB-T all'uscita MPEG-2 TS di quest'ultimo; inoltre forniscono indicazioni del tipo disponibilità/indisponibilità del servizio o del singolo link in cui il servizio transita.

Tutte queste misure sono illustrate in dettaglio in un rapporto tecnico dell'ETSI TR 101 290 "Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems", che descrive le linee guida per eseguire le misure medesime sulle piattaforme di diffusione televisiva definite dal DVB (satellitare, cavo e terrestre). Questa sezione è dedicata alla descrizione ed al commento delle misure attinenti alla piattaforma televisiva digitale terrestre DVB-T. Vengono, in particolare, messe in luce le misure dedicate alle particolarità della situazione nazionale. Si possono ricordare l'affollamento delle bande, che rende significative le misure sulle interferenze a RF, le particolarità delle modulazioni adoperate (quasi sempre 8k, mai 2k) e l'uso massivo di reti a frequenza singola (SFN), che fa assumere un ruolo primario alle misure dedicate a questa modalità trasmissiva.

3. Esperienze internazionali sui sistemi di monitoraggio delle trasmissioni televisive digitali terrestri  
Questa sezione è dedicata alle esperienze concrete di realizzazione di sistemi di monitoraggio delle reti di diffusione DTT. Tra le varie soluzioni viene evidenziato quella scelta in ambito anglosassone da Ofcom che si configura come un caso singolare e deve essere comunque considerato come esempio tra le possibili soluzioni. Lo scopo del progetto Ofcom è conoscere e verificare con continuità l'utilizzo dello spettro, ossia effettuarne un "monitoraggio". In particolare vengono trattati due aspetti:
  - Studio della "qualità" dello spettro che in prima istanza vuole rappresentare quanto lo spettro sia affetto da interferenze e inquinamenti di altre sorgenti, da rumore e da quanto altro vada a impattare con lo spettro originario di una sorgente. Un esempio in tal senso è dato dalle conseguenze dell'impiego delle nuove tecnologie radio UWB;
  - Controllare dell'utilizzo dello spettro anche in funzione delle licenze, delle emissioni pirata (problema molto sentito per questo paese), dell'effettivo utilizzo o non utilizzo delle bande anche al fine di verificare il possibile sviluppo di nuove tecnologie come la mesh o la cognitive radio.

Peraltro questo progetto non vuole approfondire più di tanto l'utilizzo di una determinata banda di spettro, non vuole cioè entrare nei dettagli di una particolare tecnologia, non vuole ovvero penetrare verticalmente lo studio dello spettro analizzando e monitorando sin più specifici dettagli una determinata banda, ma piuttosto vuole avere un approccio orizzontale che vada a coprire, nel più semplice ma efficace dei modi possibili, l'intero spettro di interesse.

Per questo studi l'Ofcom ha commissionato lo studio sia di stazioni base sia di stazioni mobili che potessero le interferenze in uno spettro da 100 MHz fino a 10.6GHz, intervallo che copre ampiamente tutto lo spettro di interesse della radiocomunicazioni e che include anche le bande occupate da nuove tecnologie emergenti..

#### 4. Metodologie per la verifica della qualità "tecnica" del segnale video

La Qualità del Servizio percepita dall'utente di una piattaforma televisiva, è in gran parte legata alla qualità del segnale video. Pertanto se nelle sezioni precedenti l'analisi dei segnali radio e della sintassi delle trame digitali ha potuto fornire un quadro già molto realistico delle situazioni di ricezione, l'ultima parola spetta comunque alle misure descritte in questa sezione.

L'introduzione della tecnica digitale per la diffusione terrestre della Televisione porta con se un forte incremento dei canali messi a disposizione dell'utente finale. Oltre a ciò, una corretta misurazione del livello di qualità del servizio, così come percepito dall'utente finale, richiede il monitoraggio della disponibilità e livello di ricezione di ciascun canale nell'intero arco delle 24 ore.

Ora, considerando l'aumento dei canali televisivi che raggiungeranno casa dell'utente, ed il fatto che alcuni editori non svolgeranno più la funzione messa in onda del programma (demandandola a soggetti terzi, ovvero ai titolari della gestione del multiplex digitale terrestre in cui il loro programma è inserito), ne risulta che l'attività di controllo della qualità percepita dall'utente finale assume una valenza di rilievo, sia dal punto di vista della verifica della copertura del servizio e della soddisfazione dell'utente, che da quello dei rapporti contrattuali fra gli editori televisivi e dei gestori dei multiplex.

Quindi si vede bene come il controllo della qualità del servizio per la TV Digitale Terrestre necessita della realizzazione di procedure automatiche in grado integrare in modo valido le misure effettuate sulla parte radio del segnale con misure che forniscono un indice della qualità così come percepita dall'utente finale.

L'attività descritta in questo capitolo riguarda un progetto di validazione di una metrica oggettiva per il controllo automatico della qualità percepita dall'utente finale. In particolare il target degli studi è quello di misurare la qualità di programmi TV ad Alta Definizione.

#### 5. Esempi di strumentazione per il monitoraggio del segnale DVB-T a cura del gruppo di lavoro

Il monitoraggio sul territorio di una piattaforma di diffusione DTT, richiede tutto il complesso set di misure che è stato descritto nelle sezioni precedenti. In questa sezione vengono riportati esempi di strumentazione disponibile sul mercato ed in grado di effettuare la maggior parte delle misure descritte nelle sezioni precedenti. Questa strumentazione è alla base della realizzazione di un

realizzazione di un sistema di monitoraggio per trasmissioni televisive digitali terrestri, articolato sul territorio ed adatto sia all'installazioni su postazioni fisse che su mezzi mobili.

## Sommario:

1	Metodologie per la localizzazione e la verifica di copertura dei trasmettitori di televisione digitale terrestre .....	11
1.1	Introduzione .....	11
1.2	Caratteristiche trasmissive del segnale DVB-T e parametri di interesse nelle misure.....	11
1.2.1	Diagramma d'antenna per ricezioni fisse .....	12
1.2.2	Fattore d'antenna.....	12
1.2.3	BER (Bit Error Ratio) .....	13
1.2.4	Ricezione quasi-error-free (QER) .....	13
1.2.5	Intervallo di guardia .....	14
1.2.6	Minima intensità del campo mediano (Emed) .....	14
1.2.7	Minimo livello di segnale equivalente .....	14
1.2.8	Minima intensità di campo (equivalente) voluta (Emin).....	14
1.2.9	Intensità del campo interferente.....	15
1.2.10	Guadagno di rete effettivo .....	15
1.2.11	Rapporto di protezione (C/N).....	16
1.2.12	Fattore di Cresta .....	16
1.2.13	Intensità del campo in ricezione.....	16
1.2.14	Scenari di ricezione del segnale DVB-T.....	16
1.2.15	Tipologia del canale di trasmissione.....	17
1.2.16	Fattore di correzione del parametro $\sigma_{sp}$ ( $C_0$ ) .....	18
1.2.17	Trasmettitore sostitutivo .....	19
1.2.18	Variabili di sistema.....	19
1.2.19	Intensità di campo voluto .....	19
1.3	Le Raccomandazioni ITU-R di riferimento .....	19
1.3.1	ITU-R SM.377 - Accuracy of frequency measurements at stations for international monitoring.....	19
1.3.2	Field-Strength Measurements at Monitoring Stations (ITU-R SM.378) .....	20
1.3.3	Bandwidth Measurement at Monitoring Stations (ITU-R SM.443) .....	21
1.3.4	Automatic Monitoring of Occupancy of the Radio-Frequency Spectrum (ITU-R SM.182) .....	22
1.3.5	Spectra and Bandwidth of Emissions (ITU-R SM.328) .....	23
1.3.6	Direction finding and location determination at monitoring stations (ITU-R SM.854) .....	25
1.4	Criteri per la localizzazione e la valutazione di copertura di un trasmettitore in una rete SFN .....	26
1.4.1	Definizione di una rete SFN.....	26
1.4.2	Metodo di localizzazione di una stazione trasmittente da postazione fissa suggerito in letteratura e raccomandato dall'ITU .....	27
1.4.3	Verifica dell'area di copertura nel caso di ricezione da postazione fissa .....	27
1.4.4	Criteri per la misura e la valutazione dei segnali interferenti .....	29
1.4.5	Valutazione dei risultati: decisione se un sito è in zona di copertura .....	30
1.4.6	Presentazione dei risultati di copertura .....	32
2	Metodologie per la verifica della qualità "tecnica" del segnale RF e del TS per emissioni DTT .....	34
2.1	Le linee guida dell' ETSI per misure su piattaforme di diffusione DVB.....	34
2.2	Schema a blocchi e punti di misura per la piattaforma DVB-T.....	34
2.3	Tipologia delle misure .....	35
2.4	Misure a radiofrequenza per il DVB-T (ETSI TR 101 290 § 9).....	37
2.4.1	Accuratezza dei parametri di modulazione (ETSI TR 101 290 § 9.1).....	37
2.4.2	Rumore di fase (in trasmissione) (ETSI TR 101 290 § 9.4) .....	38
2.4.3	Potenza del segnale radio (ETSI TR 101 290 § 9.5) .....	39
2.4.4	Potenza del rumore a radiofrequenza (analog noise) (ETSI TR 101 290 § 9.6) .....	39
2.4.5	Analisi spettrale (ETSI TR 101 290 § 9.7).....	39
2.4.6	Misure di linearità del segnale OFDM (shoulder attenuation) (ETSI TR 101 290 § 9.10) .....	40
2.4.7	Coherent interferer (ETSI TR 101 290 § 9.12).....	41
2.5	Analisi delle costellazioni (IQ signal analysis) (ETSI TR 101 290 § 9.18) .....	42

2.5.1	Modulation Error Ratio (MER) .....	43
2.5.2	System Target Error (STE) .....	44
2.5.3	Phase Jitter (PJ).....	45
2.5.4	Misure per modulazioni con 2k portanti .....	46
2.6	Misure per reti SFN.....	48
2.6.1	Misura dell'intervallo di guardia (GI).....	48
2.6.2	Overall signal delay (ETSI TR 101 290 § 9.19) .....	48
2.6.3	SFN synchronization (ETSI TR 101 290 § 9.20) .....	49
2.7	Tasso d'errore .....	52
2.7.1	BER before Viterbi (inner) decoder (ETSI TR 101 290 § 9.15).....	52
2.7.2	BER after Viterbi (before RS outer decoder) (ETSI TR 101 290 § 9.16).....	52
2.7.3	BER after RS (outer) decoder (Bit error count) (ETSI TR 101 290 § 9.17) .....	53
2.8	Verifiche sulla Sintassi del Transport Stream MPEG-2 (ETSI TR 101 290 § 5).....	54
2.8.1	Sintassi e struttura dell'MPEG-2 Trasport Stream.....	54
2.8.2	Informazioni sui programmi e sui servizi.....	56
2.8.3	PSI: l'identificazione di programme e servizi.....	56
2.8.4	SI: la navigazione nel multiplex.....	57
2.8.5	Temporizzazione.....	58
2.8.6	I parametri del TS oggetto di misura (ETSI TR 101 290 § 5.2) .....	60
2.8.7	Misure sul Transport Streams in rete (ETSI TR 101 290 § 5.3) .....	69
2.9	Parametri globali del servizio .....	79
2.9.1	System Error Performance (ETSI TR 101 290 § 9.21).....	79
2.9.2	Disponibilità del Sistema (ETSI TR 101 290 § 6.1) .....	79
2.9.3	Disponibilità del Link (ETSI TR 101 290 § 6.2) .....	80
2.9.4	Disponibilità a livello TS (ETSI TR 101 290 § 5.4) .....	80
2.9.5	Valutazione delle prestazioni di sistema per mezzo della combinazione di parametri del TS (ETSI TR 101 290 § 5.5) .....	81
3	Esperienze internazionali sui sistemi di monitoraggio delle trasmissioni televisive digitali terrestri	84
3.1	Il "paziente" inglese .....	84
3.1.1	AIMS (Automatic Interference Monitoring System): fase 1° .....	85
3.1.2	AIMS (Automatic Interference Monitoring System): fase 2° .....	85
3.1.3	AMS (Automatic Monitoring System): fase 1° .....	86
3.1.4	AMS (Automatic Monitoring System): fase 2 .....	86
3.2	Baldock: the Ofcom's listening ear.....	86
3.2.1	Terrestrial Monitoring System (TMS) .....	87
3.2.2	Satellite Monitoring System (SMS) .....	87
3.2.3	Mobile Monitoring System .....	88
3.2.4	Electromagnetic Compatibility System (EMC).....	88
3.3	Il sistema AIMS .....	88
3.3.1	DREAMR: un sistema di riconoscimento di modulazione .....	91
3.3.2	Segnali in banda UWB (Ultra Wide Band) .....	92
3.3.3	Caratteristiche hardware e software del sistema AIMS .....	93
3.3.4	Realizzazione del sistema AIMS II°: caratteristiche principali .....	93
3.3.5	Alcuni esempi di misure .....	94
4	Metodologie per le verifica della qualità "tecnica" del segnale video.....	101
4.1	Criteri di selezione del materiale video.....	101
4.2	Protocollo di valutazione soggettiva formale .....	101
4.3	Protocollo "Double Stimulus Unknown Reference" (DSUR) .....	102
4.4	Modalità di presentazione delle immagini .....	102
4.5	Istruzione dei soggetti valutatori e task cognitivo .....	103
4.6	La scala di valutazione .....	103
4.7	La fase di addestramento dei soggetti valutatori .....	104
4.8	Pre- e post- selezione dei soggetti valutatori .....	105
4.9	Progettazione del test .....	105
4.10	Set-up dell'ambiente di valutazione .....	106
4.11	Fogli di valutazione .....	106

4.12	Soggetti valutatori .....	106
4.13	Analisi dei risultati sperimentali.....	107
4.14	Confronto fra display di diversa tecnologia.....	109
5	Bibliografia .....	114
6	Esempi di strumentazione per il monitoraggio del segnale DVB-T.....	116
6.1	R&S ETL TV Analyzer .....	116
6.2	Tektronix DVB-T Measurement Receiver.....	118
6.3	R&S DDF 190 Digital Direction Finder .....	120

## Elenco delle Figure

Figura 1-1:	Direttività d'antenna per ricezione fissa di trasmissioni broadcast	12
Figura 1-2:	Fattore d'antenna nel caso di ricezione fissa per trasmissioni broadcast (secondo la raccomandazione ITU-R BT.419)	13
Figura 1-3:	Esempio di calcolo del guadagno di rete effettivo	16
Figura 1-4:	Classificazione dei canali di trasmissione	18
Figura 1-5	25	
Figura 1-6:	Esempio di posizionamento dei punti di misura per determinare l'area di copertura di un trasmettitore DVB-T	28
Figura 1-7:	Esempio di distribuzione dell'intensità del campo misurata (ricezione fissa)	30
Figura 1-8	31	
Figura 1-9:	Presentazione dei dati riguardanti la copertura di un trasmettitore DVB-T	32
Figura 1-10:	Calcolo della reale "Location Probability"	33
Figura 2-1:	Schema a blocchi di una piattaforma DVB-T con indicazione dei possibili punti di misura	34
Figura 2-2:	Schema a blocchi per la misura di "frequency accuracy"	37
Figura 2-3:	Possibile maschera per la misura del CPE; i punti A,B e C devono essere definiti.	39
Figura 2-4:	Esempio di "shoulder attenuation" con il bordo superiore dello spettro DVB-T nel canale 47 (centro banda 682 MHz). La procedura è illustrata in Tabella 2-3	41
Figura 2-5:	Diagramma IQ della modulazione 16 QAM; tratto da <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/File:16QAM_Gray_Coded.svg#file">http://en.wikipedia.org/wiki/File:16QAM_Gray_Coded.svg#file</a>	42
Figura 2-6:	Illustrazione della definizione del TEV	44
Figura 2-7:	Posizione degli "archi" dei punti di segnale in caso di PJ	45
Figura 2-8:	Relazione temporale tra i Megaframe e gli impulsi GPS.	49
Figura 2-9:	Struttura del TS ed indicatori per la verifica della sintassi	55
Figura 2-10:	Struttura delle PSI	57
Figura 2-11:	Struttura dei PCR	59
Figura 2-12:	Generazione ed utilizzo dei PCR	60
Figura 2-13:	Modello di riferimento per System clock e PCR	69

Figura 2-14: Misurazione del PCR jitter complessivo che combina gli effetti del PCR_AC e del PCR_arrival-time_jitter	71
Figura 2-15: Risposte dell'HPF del 3° ordine per misure di jitter e del filtro di roll-off del 1° ordine per misure di drift	72
Figura 2-16: Misura di PCR_Accuracy	73
Figura 2-17: HPF del 2° ordine	73
Figura 2-18: Visualizzazione di un valore di bitrate	76
Figura 3 - 1 : Lo storico sito di Baldock nell'Herfordshire	87
Figura 3 - 2 : Esempi di risorse di monitoraggio al sistema Baldock	88
Figura 3 - 3 : Il sistema di ricezione di AIMS I° sviluppato dalla Mass Ltd.	89
Figura 3 - 4 : C/(I+N) per la banda 470-590 MHz misurata su alcuni siti	89
Figura 3 - 5 : Misure di interferenza nelle diverse bande misurate al sito di Baldock	90
Figura 3 - 6 : Andamento dei valori di Carrier e di I+N per in canale TV misurato al sito Baldock	90
Figura 3 - 7 : Schema della rete neurale per la identificazione della modulazione	91
Figura 3 - 8 : Ambiente di simulazione per lo studio di misure MB-OFDM	92
Figura 3 - 9 : Esempi di misura di ADP per UWB data	92
Figura 3 - 10 : Il sistema AMS II° definitivo del 2007	93
Figura 3 - 11 : Un esempio di misura di interferenza	94
Figura 3 - 12 : Antenne del sistema AIMS in un rito rurale e urbano	95
Figura 3 - 13 : Esempio di valori I+N (sinistra) e potenza totale (destra): mediana e decile	95
Figura 3 - 14 : Esempio di valori I+N su asse logaritmico: valore di AIL e WGN	96
Figura 3 - 15 : Utilizzazione di LE mediato su tutti i siti e ordinato decrescente	97
Figura 3 - 16 : Il sistema di misura del Bundesnetzagentur posizionato al sito Baldock	98
Figura 3 - 17 : Tipici valori di MMN secondo la ITU-R P.372	98
Figura 3 - 18 : Fa (sinistra) e Mean Impulsive Noise Power Mw (destra) nei diversi contesti	99
Figura 4.19 – Sequenze e tecniche di codifica considerate nel test	101
Figura 4.20 – Esempio di presentazione di una sequenza BTC nel protocollo DSUR	103
Figura 4.21 – Scala di valutazione a 101 livelli utilizzata nel protocollo DSCQS	103
Figura 4.22 – Scala di valutazione del protocollo DSUR	104
Figura 4.23 – Esempio di tavola di Snellen e di tavole si Ishihara	105
Figura 4.24 – Sala Prove Soggettive	107

## Elenco delle Tabelle

Tabella 1-1: Scenari e parametri di ricezione DVB-T	17
Tabella 1-2: Deviazione standard delle ampiezze spettrali	18

Tabella 1-3: Livelli di accuratezza nelle misure	20
Tabella 1-4: Fattore di correzione per le varie classi di emissione	21
Tabella 1-5: Numero di campioni, dipendenti e indipendenti, necessari per ottenere una precisione relativa del $\pm 10\%$ ed un livello di confidenza del 95% nel caso di varie percentuali di occupazione dello spettro (ipotizzando un periodo di campionamento di 45s)	23
Tabella 1-6: Classificazione della misura di orientamento per segnali operanti a frequenze superiori a 30 MHz	26
Tabella 1-7: Apparecchiature necessarie per l'analisi della ricezione fissa DVB-T	28
Tabella 1-8: Distanza tra due punti di misura consecutivi	29
Tabella 1-9: Fattore di correzione per differenti valori di penetrazione del servizio all'interno dell'area esaminata	32
Tabella 2-1: Valori calcolati dei parametri significativi per le misure dilarghezza di banda del canale	38
Tabella 2-2: Valori calcolati degli intervalli di guardia per canalizzazione a 8MHz e modalità 8k, a partire dalla separazione delle linee spettrali degli "Scattered Pilot"	38
Tabella 2-3: procedura per il calcolo della "shoulder attenuation" nel caso illustrato in Figura 2-4	41
Tabella 2-4: sul rapporto tensione di picco/tensione media per ciascuna costellazione	44
Tabella 2-5: Valori dei PID delle tavole PSI/SI	58
Tabella 2-6: Esempio di PCR a differenti Data Rate	60
Tabella 2-7: Parametri del TS a priorità 1	62
Tabella 2-8: Parametri del TS a priorità 2	64
Tabella 2-9: Parametri del TS a priorità 3	67
Tabella 2-10: Profili per misure di jitter e di drift rate	71
Tabella 2-11: Profili per misure di Bit rate	77
Tabella 2-12: Esempi di Intervalli di Misura	79
Tabella 2-13: Eventi di Errore	81
Tabella 2-14: Esempi di condizioni di ricezione	83
Tabella 8-2-15: Esempi di classi di prestazioni	83

# 1 Metodologie per la localizzazione e la verifica di copertura dei trasmettitori di televisione digitale terrestre

## 1.1 Introduzione

Obiettivo della presente analisi è quello di descrivere i principi di misura, le procedure e la strumentazione propedeutici alla realizzazione di un sistema di monitoraggio per trasmissioni televisive digitali terrestri (DVB-T) mirato alla valutazione della QoS percepibile dall'utente che intende usufruire di tale servizio.

Per raggiungere un simile obiettivo, risulta necessario prevedere l'implementazione di servizi di monitoraggio in grado di misurare il livello di copertura delle reti broadcast in termini di intensità di campo, allo scopo di:

- verificare le previsioni ottenute attraverso l'impiego di strumenti informatici utilizzati per la pianificazione della rete;
- verificare la conformità con le condizioni di licenza, se questa prevede che una certa area, percentuale di area o percentuale della popolazione risulti coperta dal servizio broadcast;
- valutare le condizioni di ricezione in specifiche locazioni dove è noto il grado di interferenza.

A causa dei principi inerenti alla ricezione dei sistemi di modulazione digitale, la copertura delle reti di televisione digitale terrestre deve essere misurata in maniera diversa dalle esistenti reti analogiche, valutando il comportamento di specifici parametri di sistema, di cui viene fornita una panoramica nel paragrafo successivo, le cui caratteristiche sono state definite a seguito di accordi multi-laterali tra i diversi paesi, stabiliti allo scopo di definire norme e procedure di coordinamento atte a guidare il processo di introduzione del DVB-T (Final Acts della Regional Radio Conference di Ginevra del 2006 (RRC-06)).

## 1.2 Caratteristiche trasmissive del segnale DVB-T e parametri di interesse nelle misure

In generale, l'atto di stabilire se una specifica area risulta coperta o meno dal segnale DVB-T è il risultato di un processo di calcolo ottenuto attraverso l'impiego di un tool software che richiede la definizione di condizioni specifiche per:

- la ricezione (ad esempio se è fissa o nomadica)
- le perdite di intensità del campo con la distanza, dovute alla topografia e morfologia dell'area di interesse
- i parametri del trasmettitore
- le caratteristiche del ricevitore (ad esempio in termini di sensibilità e selettività)
- le caratteristiche dell'antenna ricevente (altezza, guadagno e direttività)
- le caratteristiche del canale di trasmissione (Gaussiano, di Rice o di Rayleigh)

Il risultato prodotto da strumenti di pianificazione di questo tipo è valido in termini statistici e non deterministici, nel senso che rappresenta una stima dei valori medi o mediani nel tempo e nello spazio delle intensità di campo da utilizzare in sede di previsione delle aree di copertura (ad esempio si può stabilire che un'area risulta coperta per il 50% del tempo e per il 50% delle locazioni), ma non può consentire di valutare se la ricezione del segnale DVB-T con un ricevitore standard sia possibile in ciascuna singola locazione interna all'area definita "coperta".

La verifica delle possibilità di ricezione, quindi, tenuto conto delle caratteristiche del canale di trasmissione (Gaussiano, di Rice o di Rayleigh), può essere ottenuta misurando i valori medi dell'intensità di campo ricevuto e dell'intensità di campo interferente, accertando che il valore minimo ammesso sia raggiunto al limite dell'area di copertura tramite un'antenna direttiva posta ad un'altezza di 10 metri dal livello del terreno, per ricezione fissa (eventuali altezze differenti da quella di riferimento, come nel caso di ricezione mobile/nomadica, in cui l'altezza dal terreno dell'antenna in ricezione è di circa 1,5 metri dal suolo, possono essere tenute in considerazione attraverso l'aggiunta di un opportuno fattore di correzione, ottenibile tramite il procedimento specificato nel RRC-06) ed avente le caratteristiche specificate nei paragrafi 1.2.1 e 1.2.2. Nei paragrafi successivi vengono invece descritti gli altri parametri caratteristici di un sistema DVB-T.

### 1.2.1 Diagramma d'antenna per ricezioni fisse

Il diagramma d'antenna caratterizza il relativo livello di uscita di un'antenna quando il segnale viene ricevuto sotto diverse angolature. La raccomandazione ITU-R BT.419 definisce la direttività di un modello di antenna utilizzata per la ricezione fissa di trasmissioni broadcast (vedi figura 1-1). Per riprodurre le reali condizioni di ricezione di una postazione d'utente, le misurazioni per la copertura fissa dovrebbero essere fatte con un'antenna di misura avente la stessa direttività.

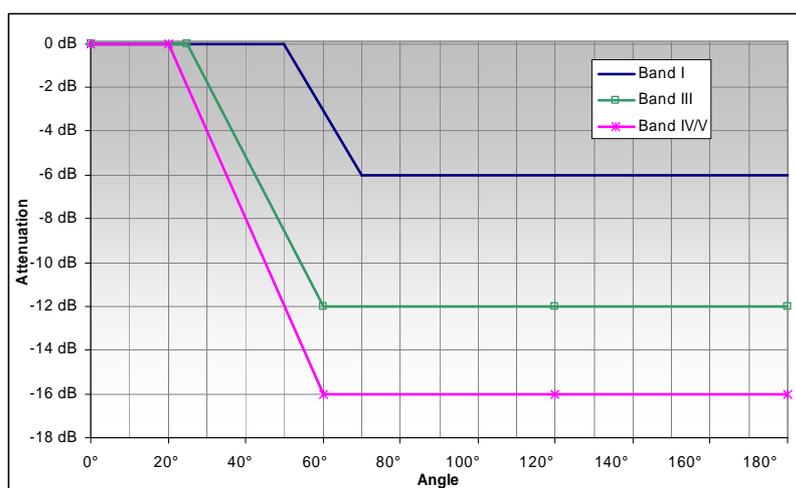


Figura 1-1: Direttività d'antenna per ricezione fissa di trasmissioni broadcast

Le misurazioni di copertura mobile dovrebbero essere realizzate con antenne omnidirezionali, il cui massimo guadagno/attenuazione è di +/- 3 dB.

### 1.2.2 Fattore d'antenna

Il fattore d'antenna è usato per calcolare l'intensità del campo all'uscita dall'antenna, ed è definito come:

$$E=U+K$$

dove:

E è l'intensità del campo elettrico all'antenna (dB $\mu$ V/m)

U la tensione di uscita dell'antenna (dB $\mu$ V)

K fattore d'antenna (dB/m)

Dipende dalla frequenza e dal guadagno d'antenna secondo la formula:

$$K = 20 \cdot \text{Log}(f) - G_i - 29,774 \text{ [ 50 Ohm system]}$$

con:

f frequenza in MHz

$G_i$  guadagno rispetto ad un'antenna isotropa (dB)

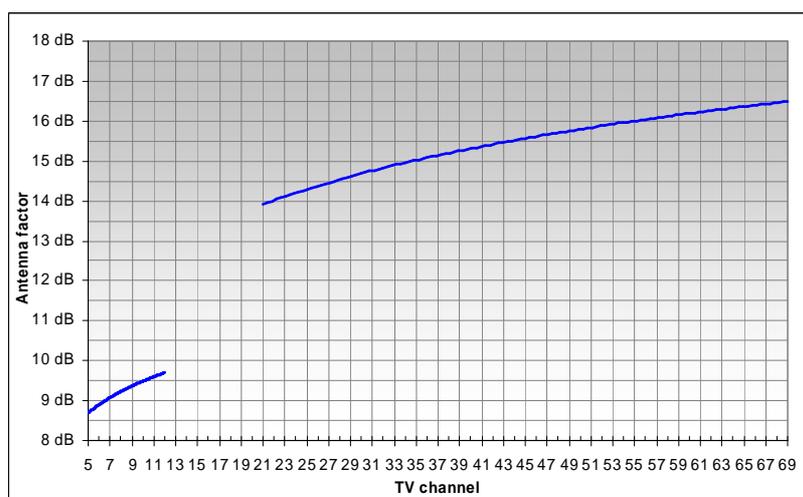


Figura 1-2: Fattore d'antenna nel caso di ricezione fissa per trasmissioni broadcast (secondo la raccomandazione ITU-R BT.419)

### 1.2.3 BER (Bit Error Ratio)

Rappresenta una misura della qualità di ricezione di un segnale digitale, essendo, per definizione, il numero di bit errati ricevuti rispetto al numero totale di bit trasmessi in uno specifico intervallo di tempo.

Nel caso del sistema DVB-T è possibile determinare il tasso di BER dopo l'implementazione dell'algoritmo di Viterbi e dopo la decodifica di Reed-Solomon. Un BER di  $2 \times 10^{-4}$  dopo il decodificatore di Viterbi è ritenuto un valore sufficiente nel caso di ricezione di un segnale DVB-T.

### 1.2.4 Ricezione quasi-error-free (QER)

Come nel caso di sistemi digitali che prevedono il FEC (Forward Error Correction), è definito nel punto in cui si presenta solo un errore non correggibile in un'ora. Nel caso del sistema DVB-T, il BER corrispondente è  $1 \cdot 10^{-11}$  dopo la decodifica di Reed-Solomon e  $2 \cdot 10^{-4}$  dopo la decodifica di Viterbi.

### 1.2.5 Intervallo di guardia

Allo scopo di sfruttare componenti co-canali dei segnali ricevuti e riflessioni che raggiungono il ricevitore in tempi differenti, prevenendo allo stesso tempo interferenze dovute alla ricezione di due o più simboli successivi, ciascun simbolo è trasmesso per un tempo più lungo di quello che sarebbe necessario per decodificare il segnale. Tale tempo addizionale è chiamato intervallo di guardia, ed ha una durata che in una rete SFN (definita al paragrafo 1.4.1) dipende dalla massima distanza tra trasmettitori limitrofi.

### 1.2.6 Minima intensità del campo mediano (Emed)

Il valore mediano dell'intensità del campo si basa sulle misurazioni effettuate su una opportuna percentuale delle locazioni interne ad un'area ricevente di interesse. Il valore mediano è un valore statistico che viene calcolato sulle misurazioni campione in modo che il 50% di queste supera il valore mediano ottenuto, ed il restante 50% è sotto tale valore (ad esempio, dire che il valore mediano dell'intensità di campo misurata in 100 locazioni contenute in una specifica area è pari a 42 dB $\mu$ V/m, significa che la probabilità che l'intensità di campo in ciascuna locazione interna all'area di interesse sia almeno di 42 dB $\mu$ V/m è pari al 50%).

In assenza di fattori correttivi il valore di Emed è riferito al caso di ricezione fissa, in quanto, nel caso di ricezione mobile/nomadica, occorre introdurre un fattore correttivo che tenga conto della differente altezza dell'antenna di misura dal suolo (1,5 metri del caso mobile, invece che i 10 metri del caso fisso), del differente guadagno d'antenna, eventuale perdita dovuta alla penetrazione degli edifici, ecc.

### 1.2.7 Minimo livello di segnale equivalente

Il minimo livello di segnale in ingresso al ricevitore necessario per decodificare correttamente il segnale voluto, è dato dalla somma del minimo rapporto segnale-rumore ricevuto (S/N) in dB, con la figura di rumore del ricevitore, ancora in dB, e con la potenza del rumore in ingresso al ricevitore, misurata in dBm. Nel caso di un ricevitore standard DVB-T, la figura di rumore è definita essere di circa 7 dB.

### 1.2.8 Minima intensità di campo (equivalente) voluta (Emin)

E' la minima intensità di campo di un singolo segnale voluto necessario ad un ricevitore standard per decodificare il segnale QEF (quasi-error-free), in assenza di segnali interferenti. In pratica è il minimo livello di segnale equivalente all'ingresso del ricevitore sommato al fattore d'antenna.

### 1.2.9 Intensità del campo interferente

Il campo interferente può essere prodotto da:

- segnali provenienti da trasmettitori che operano sulla stessa frequenza del segnale utile ma che non fanno parte della rete SFN di interesse;
- segnali provenienti da trasmettitori che operano su canali adiacenti;
- segnali provenienti da trasmettitori appartenenti alla rete SFN di interesse ma che sono ricevuti al di fuori dell'intervallo di guardia.

Data la sua natura, varia con la localizzazione del ricevitore ed è formato dalla somma vettoriale delle componenti dei segnali ricevuti interferenti e dei segnali dovuti alla riflessione prodotta dall'ambiente circostante.

Dal momento che il fenomeno della riflessione da ostacoli può essere non stazionario, l'intensità del campo interferente avrà anche una variabilità nel tempo, da cui consegue che la sua misura all'interno di una certa area può essere descritta solo in termini statistici attraverso un valore mediano ed una deviazione standard.

Allo scopo di semplificare la misura dell'intensità del campo interferente, occorre:

- impiegare un'antenna con una elevata direttività così che sia possibile separare il segnale utile da quello interferente cambiando l'azimuth;
- prevedere fattori di correzione che tengano conto di eventuali differenti perdite di attenuazione sulle frequenze del segnale utile e del segnale interferente;
- spegnere il trasmettitore utile o i trasmettitori SFN durante la misura.

Quando il segnale interferente ha un'intensità di campo di almeno 30 dB sotto quella del segnale utile, la sua influenza sulla ricezione del segnale proveniente dal trasmettitore di interesse può essere considerata trascurabile.

### 1.2.10 Guadagno di rete effettivo

Se all'interno di una rete SFN possono essere ricevuti più segnali voluti da trasmettitori multipli entro l'intervallo di guardia, la qualità di ricezione può migliorare e la minima intensità di campo voluta per ciascun trasmettitore può essere diminuita. Il guadagno di rete, comunque, non è la semplice somma delle intensità di campo volute da parte di ciascun trasmettitore ricevibile, ma è la maggior probabilità di ricevere un segnale migliore da una direzione aggiuntiva rispetto a quella di un singolo trasmettitore.

Il guadagno di rete effettivo è, quindi, definito come la differenza tra le intensità di campo ricevute da una rete SFN e da una MFN (Multi-frequency Network), necessarie per la stessa probabilità di locazione.

In una rete SFN, il più alto numero di trasmettitori porta ad una distribuzione più omogenea dell'intensità di campo in una area di copertura (il valore della deviazione standard  $\sigma$  dell'intensità di campo è più basso).

Ad esempio, con un valore di  $E_{med}$  pari a 61,3 dB $\mu$ V/m che, per definizione, vale con una probabilità di locazione del 50%, ed un valore di  $E_{min}$  pari a 66,7 dB $\mu$ V/m con una probabilità di locazione del 95% in una rete SFN, e di 70,3 dB $\mu$ V/m per una rete MFN, il guadagno di rete effettivo risultante è pari a 3,6 dB (vedi figura 1-3).

### 1.2.11 Rapporto di protezione (C/N)

Viene definito come la differenza in dB tra il livello di segnale voluto ed il totale di tutti i livelli di segnale non voluti (nel caso di assenza di segnali interferenti, il C/N equivale all'S/N).

Nel caso del sistema DVB-T, i rapporti di protezione richiesti sono specificati nel RRC-06.

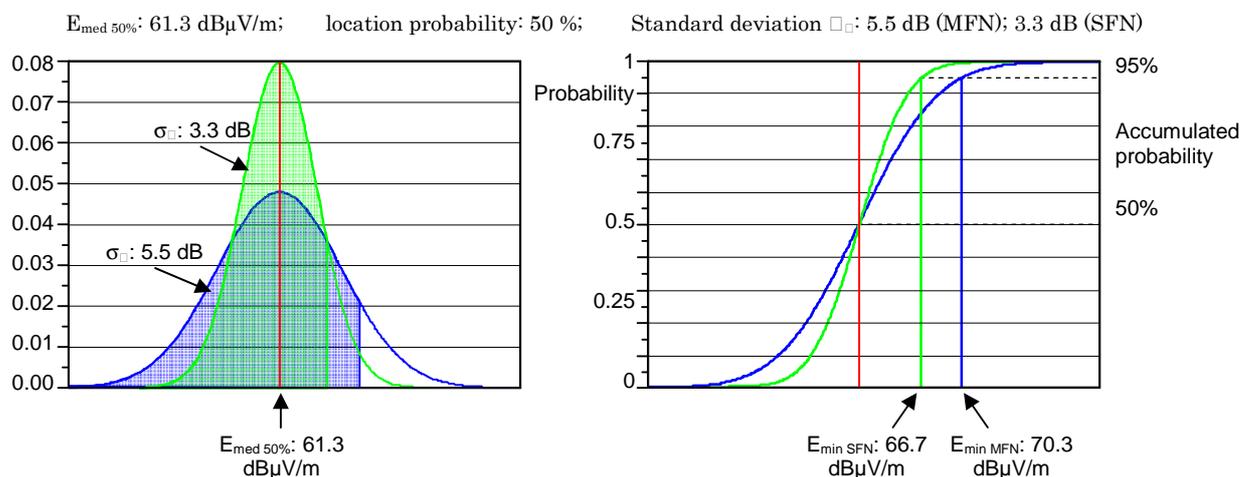


Figura 1-3: Esempio di calcolo del guadagno di rete effettivo

### 1.2.12 Fattore di Cresta

E' definito come il rapporto tra il valore di picco (Peak value) ed il valore efficace (RMS – Root Mean Square value) di un segnale RF, ed è misurato in dB.

### 1.2.13 Intensità del campo in ricezione

Costituita dalla somma vettoriale delle componenti in ricezione del segnale diretto e delle riflessioni dovute ad ostacoli, dipende dalla localizzazione del ricevitore e varia nel tempo a causa della non stazionarietà del processo di riflessione. Per quest'ultima ragione, la reale intensità del campo ricevuto entro una certa area può essere definita solo statisticamente attraverso un valore mediano ed una deviazione standard.

### 1.2.14 Scenari di ricezione del segnale DVB-T

Nel RRC-06 sono stati classificati 4 possibili scenari di ricezione del segnale DVB-T, i cui parametri e caratteristiche principali sono riportate nella tabella seguente.

	<b>FX</b> (Fixed reception)	<b>PO</b> (Portable reception outdoor)	<b>PI</b> (Portable reception indoor)	<b>MO</b> (Mobile reception)
<b>Receiver location</b>	Outside buildings	Outside buildings	Inside buildings	Car roofs, moving
<b>Antenna, gain</b>	Directional, 7...12 dBi	Omni directional, -2.2...0 dBi	Omni directional, -2.2...0 dBi	Omni directional -2.2 ...0 dBi
<b>Antenna height</b>	10 m above ground	Min. 1.5 m above ground	1.5 m above ground floor level	1.5 m above ground
<b>Polarisation</b>	Horizontal / vertical	No polarization decoupling	No polarization decoupling	No polarization decoupling
<b>Cable loss</b>	2...5 dB	0 dB	0 dB	0 dB
<b>Building penetration loss</b>	0 dB	0 dB	VHF: 7 dB UHF: 8 dB Standard deviation: VHF 3 dB UHF 6 dB	0 dB

Tabella 1-1: Scenari e parametri di ricezione DVB-T

### 1.2.15 Tipologia del canale di trasmissione

A causa di riflessioni, zone d'ombra e ricezioni multiple ad opera di più trasmettitori nella stessa rete SFN, lo spettro del segnale ricevuto può subire delle degradazioni la cui entità può essere valutata attraverso la misura della deviazione standard delle ampiezze spettrali ( $\sigma_{sp}$ ), parametro che influenza il minimo livello di segnale in ingresso al ricevitore necessario a decodificare il segnale DVB-T.

L'ordine di questo tipo di degradazione determina una classificazione del canale di trasmissione in:

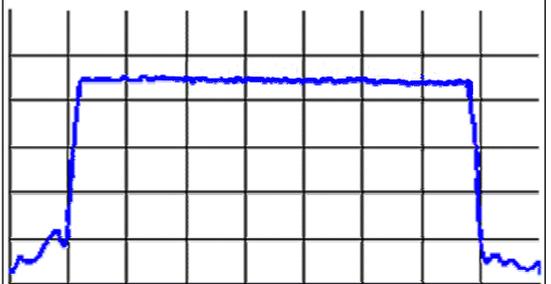
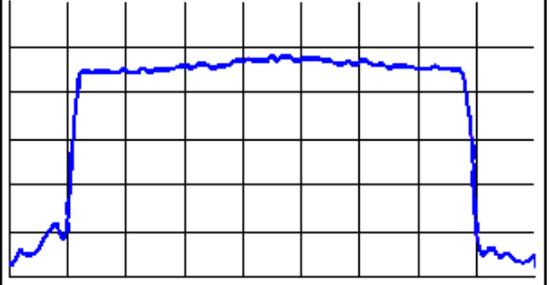
<p><b>Gaussiano:</b>  è ricevuto il solo segnale diretto da parte di un trasmettitore in linea di vista (line-of-sight), senza il contributo di segnali riflessi ed emissioni co-canale. Di conseguenza, lo spettro OFDM ha una forma rettangolare, con un <math>\sigma_{sp}</math> sulla larghezza di banda del canale compreso tra 0 e 1 dB.</p>	
<p><b>Rice:</b>  In aggiunta al segnale diretto sono ricevuti anche alcuni segnali riflessi e co-canali più piccoli. Lo spettro OFDM mostra delle lievi variazioni in ampiezza, con un <math>\sigma_{sp}</math> sulla larghezza di banda del canale compreso tra 1 e 3 dB.</p>	



Figura 1-4: Classificazione dei canali di trasmissione

L'intensità minima di campo richiesta dagli standards di pianificazione dipende dal tipo di canale di trasmissione, essendo più alta nel caso di canale di Rayleigh e più bassa nel caso di canale di Gauss. L'esperienza mostra che le tipologie di canali di Rice e di Rayleigh sono quelle che più frequentemente si incontrano nelle situazioni di ricezione reali.

### 1.2.16 Fattore di correzione del parametro $\sigma_{sp}$ ( $C_\sigma$ )

Il valore del parametro C/N fornito nel RRC-06 dipende dalla natura del canale, essendo alto per canali di Rayleigh, medio per canali di Rice e basso per canali di Gauss.

Come detto nel paragrafo precedente, un tipico parametro in grado di classificare il canale di trasmissione è  $\sigma_{sp}$  valutato sull'intera banda del segnale DVB-T (vedi tabella 1-2).

Type of reception channel	$\sigma_{sp}$
Gauss	$\sigma_{sp} \leq 1$ dB
Rice	$1 \text{ dB} < \sigma_{sp} < 3$ dB
Rayleigh	$\sigma_{sp} \geq 3$ dB

Tabella 1-2: Deviazione standard delle ampiezze spettrali

Il valore del parametro  $\sigma_{sp}$ , valutato in punti di misura reali, può tuttavia, in alcuni casi, risultare differente dagli estremi riportati in tabella 1-2. Per tale ragione, si aggiunge un fattore di correzione C ad ogni valore misurato, secondo la formula:

$$C_\sigma = \frac{C/N_{Rayleigh} - C/N_{Gau\beta}}{2} \cdot (\sigma_{sp} - 3)$$

con  $C/N_{Rayleigh}$  e  $C/N_{Gau\beta}$  forniti dal RRC-06.

La formula stabilisce una interpolazione lineare tra e oltre i valori di osp ai limiti tra i canali Gauss/Rice (1 dB) e di Rice/Rayleigh (3 dB). A seconda del tipo di canale trasmissivo, il valore di Co può anche essere negativo.

### **1.2.17 Trasmettitore sostitutivo**

E' un trasmettitore operante nella stessa locazione del trasmettitore che occorre misurare, ma su una differente portante. Può essere utilizzato per la misura se il trasmettitore originale non è stato ancora settato o se il suo segnale risulta fortemente interferito da altri trasmettitori di segnali non voluti.

### **1.2.18 Variabili di sistema**

Sono i parametri del sistema DVB-T che possono essere modificati in accordo alle esigenze della pianificazione della rete, e comprendono:

- banda RF (ad esempio 7 o 8 MHz);
- numero di sottoportanti (2K o 8K);
- modulazione delle sottoportanti (QPSK, 16QAM, 64QAM);
- tasso di codifica (1/2, 2/3, 3/4)
- intervallo di guardia (1/4, 1/8).

### **1.2.19 Intensità di campo voluto**

E' l'intensità del campo ricevuto totale da un voluto trasmettitore o da una rete in ciascuna locazione ricevente. Quando vengono comparati i valori di intensità di campo misurato in una rete SFN con i valori di intensità di campo necessari, l'intensità di campo voluto può essere incrementata dal guadagno di rete.

## **1.3 Le Raccomandazioni ITU-R di riferimento**

### **1.3.1 ITU-R SM.377 - Accuracy of frequency measurements at stations for international monitoring**

La raccomandazione ITU-R SM 377-3 fornisce i livelli di accuratezza che vengono richiesti per effettuare le misure di frequenza in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio.

In tal senso l'ITU raccomanda l'utilizzo di segnali di riferimento di elevata accuratezza, quali orologi atomici, sistemi terrestri o satellitari di radio determinazione, ecc..

Inoltre la strumentazione e le procedure utilizzate per il monitoraggio devono garantire livelli di accuratezza, nella misura delle frequenze, almeno pari a quelle riportate nella tabella 1-3.

Type of measurement	Accuracy
1. Measurements of the frequencies of stations, except broadcasting stations, operating in the frequency range 9-4 000 kHz	$\pm 5$ parts in $10^{-6}$ (or where this would be less than $\pm 1$ Hz, to an accuracy of $\pm 1$ Hz)
2. Measurements of the frequencies of broadcasting stations, operating in the frequency range 9-4 000 kHz	$\pm 1$ Hz
3. Measurements of frequencies of stations operating in the frequency range 4 000 kHz to 29.7 MHz	$\pm 1$ Hz
4. Measurements of frequencies of stations, except television, operating in the frequency range 29.7-2 450 MHz	$\pm 0.5$ parts in $10^{-6}$
5. Measurements of frequencies of television stations operating in the frequency range 47-960 MHz	$\pm 50$ Hz
6. Measurements of frequencies of stations operating in the frequency range 2 450 MHz to 10.5 GHz	$\pm 5$ parts in $10^{-6}$
7. Measurements of frequencies of stations operating in the frequency range 10.5-40 GHz	$\pm 10$ parts in $10^{-6}$

*Note 1* – It is realized that, while the accuracies quoted above are sufficient for international monitoring, different accuracies may be needed to meet national requirements.

Tabella 1-3: Livelli di accuratezza nelle misure

### 1.3.2 Field-Strength Measurements at Monitoring Stations (ITU-R SM.378)

La raccomandazione ITU-R SM 378 fornisce i criteri per eseguire la misura della potenza del segnale radiodiffuso in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio.

In particolare vengono analizzati i seguenti aspetti:

- installazione dell'antenna;
- caratteristiche del ricevitore;
- calibrazione degli apparati.

#### Installazione dell'antenna

Per quanto riguarda la gamma UHF si raccomanda che l'antenna ricevente:

- abbia la stessa polarizzazione dell'antenna trasmittente;
- sia di tipo monopolare corta, dipolare mezza onda oppure ad alto guadagno;
- è preferibile che sia montata a 10m. da terra. Nel caso di montaggio ad altezze meno elevate, occorre prestare la massima attenzione ai segnali riflessi, in modo particolare nel caso di ricezione mobile/nomadica;
- sia collocata in un'area priva di ostacoli o nelle vicinanze di oggetti metallici per ridurre la possibilità di interferenze. Eventualmente svolgere più misure nell'area effettuando poi una valutazione media dei risultati ottenuti (cluster observations) oppure effettuare misure lungo linee radiali per valutare l'effetto prodotto dal terreno e per svolgere un'analisi statistica dei risultati.

Si precisa che l'errore nella determinazione del fattore di antenna non deve essere superiore ad 1 dB.

### Caratteristiche del ricevitore

Il ricevitore utilizzato per il monitoraggio dovrebbe fornire misure indipendenti dal valore del guadagno, della frequenza, della larghezza di banda e dell'attenuazione.

Un'attenzione particolare va rivolta alla scelta di oscillatori controllati al quarzo per limitare gli effetti sulla deriva della precisione delle misurazioni. In particolare gli oscillatori locali devono avere un basso rumore di fase al fine di evitare il mascheramento di segnali deboli.

Un analizzatore di spettro, opportunamente configurato (zero-span, hold-frequency, scan tracing) può essere utilizzato come un ricevitore. Per effettuare la misura risultano necessarie un certo numero di rilevazioni, realizzate ad intervalli regolari (2 min), attraverso le quali si può calcolare il valor medio dell'intensità di campo.

I rilevamenti possono essere controllati da un computer per automatizzare le misurazioni sulle diverse bande di frequenza e per memorizzare i dati e le relative analisi.

### Calibrazione

Per ottenere la massima precisione nelle misure è buona norma ricalibrare i sistemi ad antenna fissa periodicamente (tipicamente una volta all'anno).

#### **1.3.3 Bandwidth Measurement at Monitoring Stations (ITU-R SM.443)**

Per consentire una valutazione oggettiva dei risultati ottenuti dall'attività di monitoraggio relativamente alla larghezza di banda, nel documento ITU-R SM 443, si raccomanda l'uso di metodi di misura standardizzati quale ad esempio l'*x* dB method (descritto nella raccomandazione ITU-R SM 328) effettuando le misure a -26 dB, a meno di un fattore di correzione (vedi tabella 1-4) dipendente dalla classe di emissione (anch'esse descritte nella ITU-R SM 328).

Class of emission	Relationship between $B_{26}$ and $B_n$
A1A, A1B, A2A, A2B	$B_{26} = 0.9 B_n$
F1B	$B_{26} = B_n$
F3C	$B_{26} = B_n$
F7BDX	$B_{26} = 0.9 B_n$

Tabella 1-4: Fattore di correzione per le varie classi di emissione

### 1.3.4 Automatic Monitoring of Occupancy of the Radio-Frequency Spectrum (ITU-R SM.182)

La presente raccomandazione incoraggia le Amministrazioni ad utilizzare, piuttosto che i tradizionali metodi basati sulle osservazioni manuali, apparecchiature di monitoraggio automatiche.

Tuttavia, le apparecchiature, per consentire un'analisi comparativa delle misure ottenute, dovrebbero possedere le seguenti caratteristiche principali:

<b>Total range frequency</b>	<b>minimum 2 MHz to 2.7 GHz; desirable 9 kHz to 10 GHz or more;</b>
<b>Swept range frequency</b>	a) variable; typical range 20 to 5 000 kHz for analogue equipment; b) variable, typical range 20 kHz to 100 MHz for digital equipment;
<b>Number of sweeps per minute</b>	variable; 6 to 6 000; manual stop on the required frequency;
<b>Maximum rate of sweeping</b>	variable; dependent on the desired frequency resolution for the band being swept and the class or classes of emission being recorded;
<b>Sensitivity</b>	1 mV/m or better; applicable to the frequency range up to 2.7 GHz;
<b>Resolution bandwidth</b>	variable; approximately 10 Hz to 10 kHz; applicable to the frequency range up to 2.7 GHz;
<b>Signal characteristics recorded</b>	– carrier frequency – bandwidth – field strength – duration of occupancy
<b>Type of record</b>	computer-operated magnetic tape, cartridge form, digital format; calibration at appropriate intervals;

Per quanto riguarda i file contenenti le misure registrate è preferibile che questi contengano anche le seguenti informazioni:

- nome e posizione della stazione di monitoraggio
- data e durata del monitoraggio
- banda di frequenza
- identificazione delle emissioni registrate, se possibile
- classe di emissione, se possibile
- azimut del segnale
- livello di rumore.

Nella progettazione di un programma di misure relativamente allo “Spectrum occupancy”, le Amministrazioni dovranno tener conto dei tempi di acquisizione dei dati che in base a considerazioni statistiche e di affidabilità dei risultati ottenuti, potrebbero diventare piuttosto lunghi, come riportato nella tabella 1-5.

Occupancy (%)	No. of required independent samples	No. of required dependent samples	Required hours of sampling
6.67	5 850	18 166	20.18
10	3 900	12 120	13.47
15	2 600	8 080	8.98
20	1 950	6 060	6.73
30	1 300	4 040	4.49
40	975	3 030	3.37
50	780	2 424	2.69
60	650	2 020	2.24
70	557	1 731	1.92
80	488	1 515	1.68
90	433	1 346	1.49
100	390	1 212	1.35

Tabella 1-5: Numero di campioni, dipendenti e indipendenti, necessari per ottenere una precisione relativa del  $\pm 10\%$  ed un livello di confidenza del 95% nel caso di varie percentuali di occupazione dello spettro (ipotizzando un periodo di campionamento di 45s)

Per quanto riguarda l'accuratezza della misura della larghezza di banda di emissione, gli apparati utilizzati per il monitoraggio automatico, dovrebbero avere la capacità di risolvere emissioni in banda stretta, inferiori ai 2 kHz.

Inoltre, nella determinazione dell'accuratezza dell'intensità del campo misurato dagli apparati automatizzati, occorre prestare particolare attenzione alla polarizzazione ed alla direttività dell'antenna.

Viene raccomandato l'utilizzo di analizzatori di spettro a larga banda, con la possibilità di visualizzare larghe porzioni dell'ampiezza del segnale, per facilitare il riconoscimento e la classificazione dei vari tipi di emissioni ed aumentare l'efficienza delle operazioni di monitoraggio.

### 1.3.5 Spectra and Bandwidth of Emissions (ITU-R SM.328)

La raccomandazione ITU-R SM 328 è di particolare interesse in quanto fornisce definizioni, modelli analitici ed altre considerazioni riguardanti grandezze di interesse per vari tipi di segnali, con lo scopo di consentire un uso efficiente dello spettro.

Tra i principali aspetti presi in considerazione in questo documento vi sono:

- la definizione dei parametri caratteristici inerenti la larghezza di banda, la spaziatura di canale e i problemi di interferenza;
- ottimizzazione dei segnali emessi da un trasmettitore dal punto di vista dell'efficienza spettrale (vedi alcuni esempi in figura 1-5);

- linee guida per individuare i limiti per le emissioni out-of-band in funzione della degradazione prodotta da imperfezioni nella modulazione del segnale, phase noise, intermodulazione e limiti pratici nell'implementazione dei filtri;
- calcolo dello spettro del segnale trasmesso, per i seguenti tipi di segnali:
  - o tipo A: banda laterale doppia;
  - o tipi B e R: banda laterale indipendente e banda laterale singola;
  - o tipo F: modulato in frequenza;
  - o tipo G: modulato in fase;
  - o tipo J: banda laterale singola, portante soppressa;
  - o modulazione digitale di fase;
- riduzione dell'interferenza provocata da segnali non voluti al trasmettitore utilizzando i seguenti metodi:
  - o architettura del trasmettitore;
  - o filtraggio;
  - o tecniche di modulazione;
  - o linearizzazione;
  - o predistorsione;
  - o feedback;
  - o feedforward;
  - o feedback della modulazione;
  - o tecnica Polar Loop;
  - o tecnica Cartesian Loop.

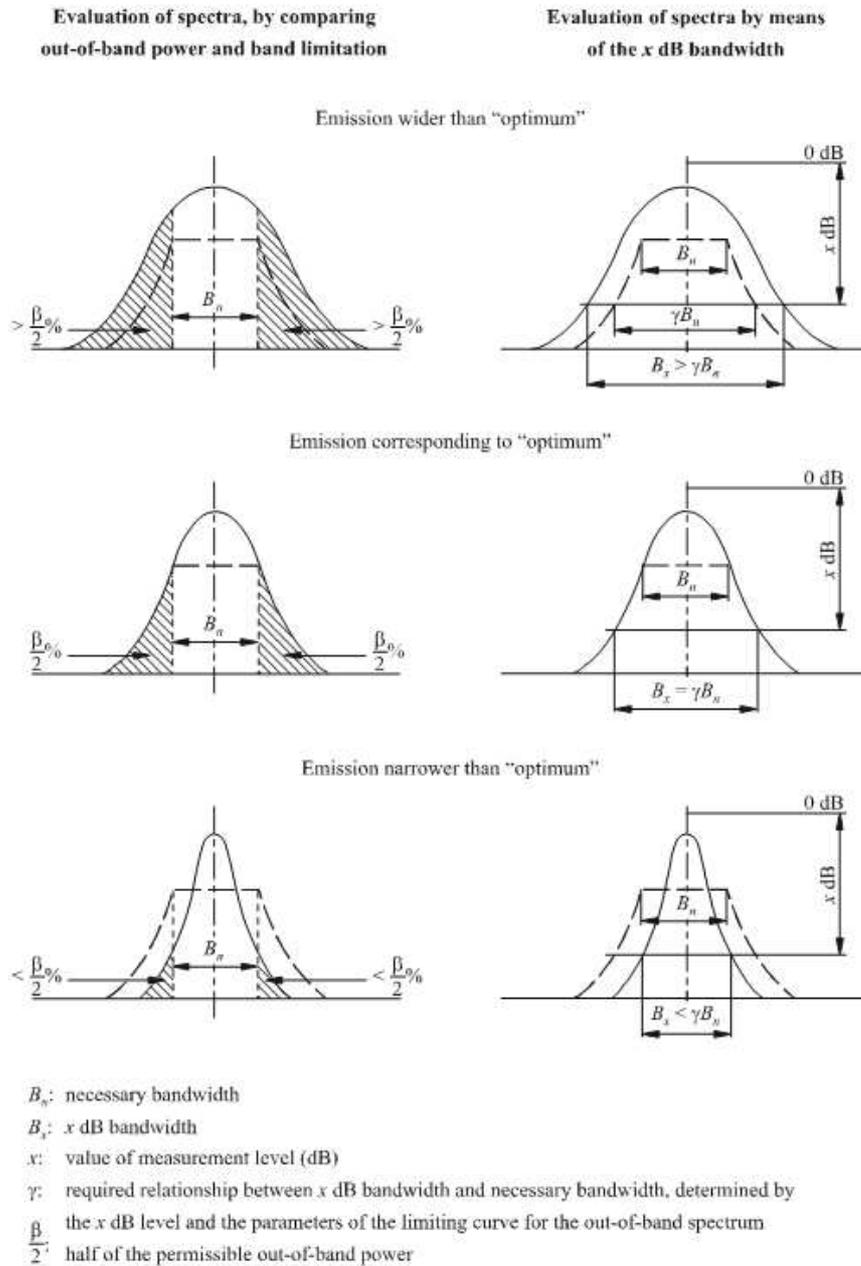


Figura 1-5

### 1.3.6 Direction finding and location determination at monitoring stations (ITU-R SM.854)

Questa raccomandazione fornisce indicazioni su come determinare la posizione di un trasmettitore, la più esatta possibile, utilizzando rilevatori di direzione presso le stazioni di monitoraggio.

Una guida di riferimento per questo tipo di analisi è costituita dall'Handbook Spectrum Monitoring [2] dell'ITU.

Nello specifico si raccomanda:

- di usare preferibilmente sistemi di rilevamento basati su goniometri, interferometri, interferometri correlativi o tecniche basate sull'effetto Doppler piuttosto che sistemi basati su sistemi rotanti o simili che sono meno affidabili a causa della natura propagativa delle onde nella ionosfera;
- nel caso di onde ionosferiche, (ma non è il nostro caso di interesse!) di complementare questi strumenti con il metodo "Single Site Location" (SSL) che, in presenza di onde ionosferiche tra loro indipendenti, permette di determinare la posizione del trasmettitore senza triangolarizzazione, richiedendo un'unica stazione trasmittente;
- di utilizzare i dati contenuti nella tabella 1-6 per decidere e classificare l'accuratezza con cui viene effettuata una misura di orientamento nella ricerca di stazioni radio trasmittenti;
- che l'accuratezza di una misura di orientamento dovrebbe essere indicata aggiungendo la lettera appropriata al valore numerico rilevato;
- che le Amministrazioni dovrebbero fornire ulteriori dati statistici di supporto alla misura quali deviazione standard, numero di campioni rilevati, errore del campione rilevato, ecc..

Class	Bearing error (degrees)	Observational characteristics				
		Signal strength	Bearing indication	Interference	Bearing swing (degrees)	Duration of observation
A	$\pm 1$	Very good or good	Definite	Negligible	$\leq 1$	Adequate
B	$\pm 2$	Fairly good	Bearing fluctuation	Slight	$> 1$ $\leq 3$	Short
C	$\pm 5$	Weak	Severely fluctuating bearing	Strong	$> 3$ $\leq 5$	Very short
D	$\geq +5$	Scarcely perceptible	Ill-defined	Very strong	$> 5$	Inadequate

Tabella 1-6: Classificazione della misura di orientamento per segnali operanti a frequenze superiori a 30 MHz

## 1.4 Criteri per la localizzazione e la valutazione di copertura di un trasmettitore in una rete SFN

### 1.4.1 Definizione di una rete SFN

Una "Single Frequency Network" (SFN) è una rete pianificata a livello nazionale o macroregionale costituita da due o più siti di radiodiffusione, sincronizzati tra di loro, che trasmettono lo stesso programma utilizzando una sola frequenza portante.

La pianificazione della rete deve garantire che in tutte le zone incluse nell'area di copertura all'interno della SFN, i segnali arrivino al ricevitore entro l'intervallo di guardia. In questo caso,

grazie alle proprietà della tecnologia COFDM, il sistema di ricezione, è in grado di comporre positivamente gli echi iso-frequenza.

#### 1.4.2 Metodo di localizzazione di una stazione trasmittente da postazione fissa suggerito in letteratura e raccomandato dall'ITU

In accordo a quanto riportato in [1], per ogni punto di osservazione della rete SFN, il valore del campo del canale preso in considerazione andrebbe misurato con un'antenna direttiva, posizionata a 10m dal terreno effettuando una rotazione a 360° in direzione dei trasmettitori DVB-T operanti nell'area. L'antenna dovrebbe essere polarizzata come quella trasmittente.

La direzione in corrispondenza della quale si rileva il valore più alto del campo va annotata ed il relativo trasmettitore va considerato come quello principale, che fornisce il servizio al sito sotto osservazione.

#### 1.4.3 Verifica dell'area di copertura nel caso di ricezione da postazione fissa

Per verificare la reale area di copertura di un trasmettitore DVB-T occorrerebbe effettuare una misura in tutti i punti di quell'area e ciò richiederebbe tempo ed elevate risorse economiche. Tuttavia, per ottenere lo stesso risultato, con una buona approssimazione, si può procedere effettuando le misure solo nei punti contenuti in una griglia 500 x 500 metri opportunamente posizionata nelle aree di interesse (ad es. vedi figura 1-6).

### Measurement points (fixed reception)

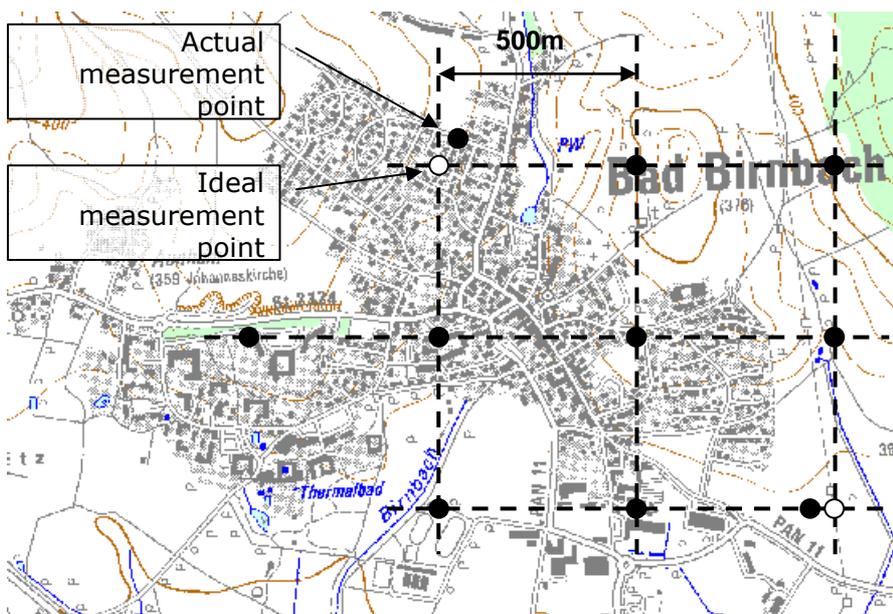


Figura 1-6: Esempio di posizionamento dei punti di misura per determinare l'area di copertura di un trasmettitore DVB-T

A volte, tuttavia, i punti definiti non sono fisicamente accessibili. In tal caso si può scegliere un altro sito che non sia distante dal punto della griglia più di 50m. Preferibilmente i siti non dovrebbero essere scelti nelle vicinanze di ostacoli più alti di 10m.

Per la misurazione dei parametri necessari a valutare la ricezione in un sito, da postazione fissa, vengono normalmente richiesti gli apparati presenti in tabella 1-7.

	<b>Equipment Type</b>	<b>Required functions, Remarks</b>
<b>General setup</b>	Measurement vehicle	rotatable antenna mast that can be lifted up to 10 m height above ground positioning system (e. g. GPS)
<b>Receiver</b>	Spectrum analyzer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Data interface to computers (e. g. LAN, IEEE488.2)</li> <li>- Channel power measurement capability</li> <li>- Sample detector</li> </ul> Preferred function: RMS detector
<b>Antenna</b>	LogPer or Yagi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mounted on the mast of the measurement vehicle.</li> <li>- Horizontal and vertical polarization must be possible.</li> <li>- Antenna factor must be known (calibrated)</li> </ul>
<b>Measurement Control</b>	Computer program	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Store trace data from spectrum analyzer</li> <li>- Store channel power measurement results</li> <li>- Store data from positioning system</li> </ul> Preferred function: Automatically adjust the analyzer and perform the measurements

Tabella 1-7: Apparecchiature necessarie per l'analisi della ricezione fissa DVB-T

Per quanto riguarda la misura è preferibile effettuarla con un ricevitore configurato con le seguenti impostazioni:

- Metodo di misura: Potenza del canale
- Larghezza di banda: 7MHz (VHF) o 8MHz (UHF)
- RBW (Resolution Bandwidth): 30 kHz oppure Auto (non superiore a 100kHz)
- Tipo di rilevamento: RMS o campionato
- Metodo di tracing: ClearWrite
- Sweep time: 0.5 - 1 sec.

Nel corso di un intervallo di osservazione della durata di almeno 1 minuto, dovrebbero essere acquisiti 60 campioni dell'intensità di campo e la mediana di tali valori andrebbe annotata come risultato della misura. L'utilizzo di questa procedura assicura che un valore dell'intensità di campo, uguale o superiore a quello così acquisito, ha una probabilità di essere rilevato nell'area in esame pari al 50%.

Poiché l'RRCC-06, nel caso dei canali Gaussiano, di Rice e di Rayleigh, ha stabilito diversi valori per l'intensità minima del campo per i segnali DVB-T, il tipo di ricezione del segnale andrebbe determinato per ogni sito della rete di monitoraggio. Questo può essere effettuato registrando una traccia dello spettro del segnale con una piccola "Resolution Bandwidth" (RBW) e calcolando la deviazione standard delle densità spettrali risultanti. La misura viene realizzata impostando i seguenti parametri nell'analizzatore di spettro:

- Span: 6.5MHz (VHF) o 7.6MHz(UHF)
- RBW: 30 kHz
- Sistema di rilevamento: RMS (preferito) o a campioni
- Metodo di tracing: ClearWwrite (se si usa l'RMS) o Average su 200 scansioni (nel caso di rilevamento a campioni)
- Tempo di scansione: 2 sec. (se si usa l'RMS) o 10 sec. (nel caso di rilevamento a campioni)

Il lento tempo di scansione (ovvero il lungo tempo su cui si calcola la media delle scansioni) si rende necessario per assicurare che i livelli di spettro di frequenza misurati non siano influenzati dalla modulazione del segnale.

La distanza del successivo punto di misura non deve necessariamente seguire la griglia sopra definita. Infatti, come riportato in tabella 1-8, essa può essere determinata in funzione dell'intensità di campo misurata ed il tipo di canale (Gaussiano, di Rice o di Rayleigh).

Type of reception channel	Measured wanted field strength E	Distance to next measurement point
Gauss or Rice	$E \geq E_{med} + 10 \text{ dB}$	1000 m
Gauss or Rice	$E < E_{med} + 10 \text{ dB}$	500 m (standard)
Rayleigh	(any)	250 m

Tabella 1-8: Distanza tra due punti di misura consecutivi

#### 1.4.4 Criteri per la misura e la valutazione dei segnali interferenti

Nel caso in cui, nella determinazione della direzione di provenienza del segnale principale, si rilevi anche la presenza di un considerevole campo interferente dovuto a trasmettitori operanti sullo stesso canale o su canali adiacenti, andrebbe ripetuta la procedura di misura descritta nel paragrafo 1.4.2 anche per quel segnale e nel caso in cui non vi sia separazione tra la direzione di provenienza dei due segnali oppure il segnale proveniente dal trasmettitore SFN è troppo

potente, potrebbe rivelarsi necessario disattivare quest'ultimo durante la misura, oppure sostituirlo temporaneamente con un altro che opera su una diversa portante.

#### 1.4.5 Valutazione dei risultati: decisione se un sito è in zona di copertura

Dopo avere effettuato un congruo numero di rilevamenti, risulta utile tracciare su un grafico le misure ottenute riportando sull'asse delle ascisse i valori del campo e sull'asse delle ordinate la percentuale di volte in cui tale misura si è verificata. Ad esempio, nel grafico di figura 1-7 appare che il 13% dei valori misurati è pari a 64 dB $\mu$ V/m e che la curva approssima una gaussiana. In tal caso si può assumere che il campo nell'area in cui si è effettuata la misura risulta relativamente omogeneo. In caso contrario il campo potrebbe risultare soggetto a disturbi ed in questo caso andrebbero effettuate ulteriori misurazioni a distanza di 250m dal precedente punto analizzato.

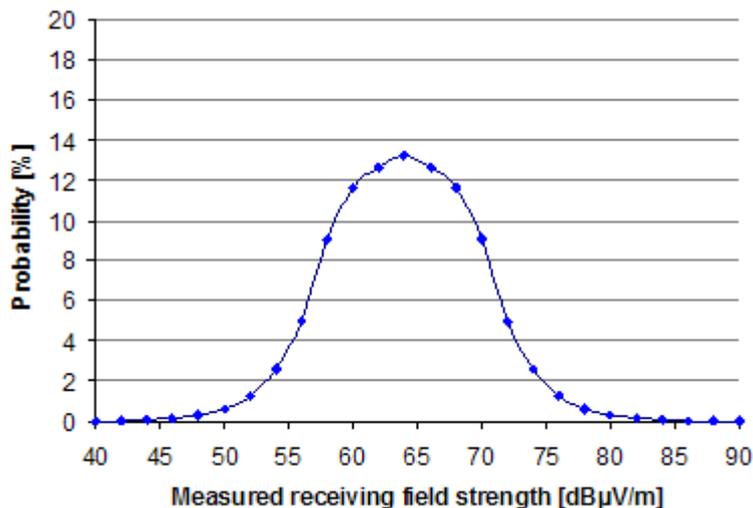


Figura 1-7: Esempio di distribuzione dell'intensità del campo misurata (ricezione fissa)

L'analisi dei dati che sono stati rilevati in un sito consentirà di selezionare uno dei seguenti casi di ricezione:

- a) il massimo dell'intensità del campo si ottiene in corrispondenza della direzione del trasmettitore principale ed il massimo delle emissioni non desiderate si riceve dalla direzione del trasmettitore interferente;
- b) il massimo dell'intensità del campo si ottiene in corrispondenza della direzione del trasmettitore principale ed il massimo delle emissioni non desiderate proviene da una riflessione del segnale proveniente dal trasmettitore interferente;
- c) il massimo dell'intensità del campo si ottiene da un raggio riflesso del segnale proveniente dal trasmettitore principale ed il massimo delle emissioni non desiderate si riceve dalla direzione del trasmettitore interferente;

- d) il massimo dell'intensità del campo si ottiene da un raggio riflesso del segnale proveniente dal trasmettitore principale ed il massimo delle emissioni non desiderate proviene da una riflessione del segnale proveniente dal trasmettitore interferente.

Per determinare se il servizio diffuso dal trasmettitore principale può essere ricevuto con un sufficiente livello di confidenza, occorre confrontare le seguenti tre componenti (vedi esempio fig. 1-8):

- la somma dei contributi del campo interferente e del rapporto di protezione (protection ratio) del servizio;
- l'intensità del campo del servizio desiderato, comprensivo di eventuali fattori di correzione;
- la somma tra il minimo valore misurato del livello dell'intensità del campo del servizio desiderato ed un fattore di correzione correlato alla probabilità che si intende raggiungere per la ricezione del segnale nell'intera area esaminata, al di là dei punti nei quali si è rilevata effettivamente la misura (vedi tabella 1-9 per un esempio di fattori di correzione relativi ad un segnale DVB-T nel caso di coperture superiori al 50% dell'area).

Se la componente del segnale desiderato (wanted signal) supera le altre due, la ricezione dal sito analizzato è possibile con il 95% della probabilità nei casi a) e b) sopra menzionati.

Nel caso invece che si verifichino le condizioni c) o d), non si può garantire la ricezione. Risulta allora necessario ripetere le misurazioni in un successivo momento e/o spostarsi leggermente dalla posizione di misura per aumentare il livello di confidenza della ricezione del segnale.

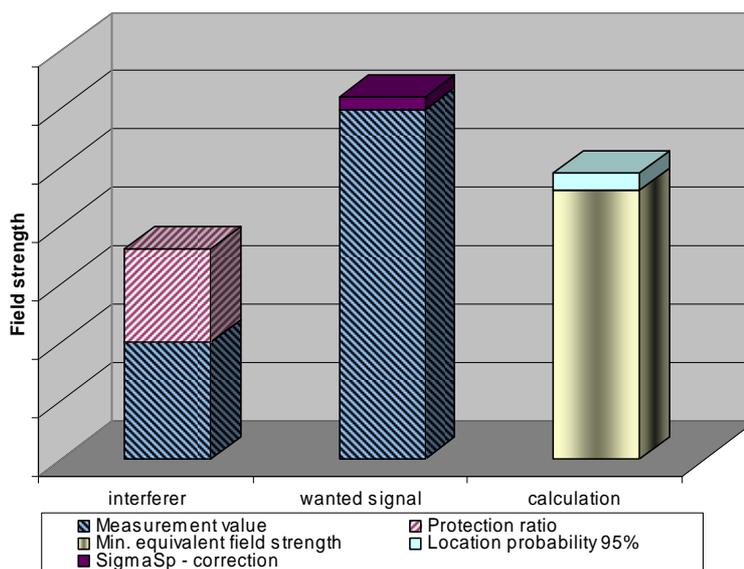


Figura 1-8

Wanted probability	location	$\mu$	$C_1$
50%		0	0 dB

70%	0.52	2.9 dB
95%	1.64	9 dB
99%	2.33	12.8 dB

Tabella 1-9: Fattore di correzione per differenti valori di penetrazione del servizio all'interno dell'area esaminata

#### 1.4.6 Presentazione dei risultati di copertura

Una volta acquisite le misure è possibile evidenziare i risultati della copertura del segnale riportando i dati su di una mappa come esemplificato in figura 1-9. Su questa mappa si riportano con dei punti verdi i siti in cui la copertura risulta possibile e con dei punti rossi i siti in cui l'intensità del campo non è sufficiente. In questa rappresentazione vengono anche riportati due punti aggiuntivi rispetto alla griglia originale (500 x 500m) riportata in figura 1-6. Tali punti corrispondono a misure aggiuntive che sono state eseguite approssimativamente a 250 m dai punti della griglia per ottenere ulteriori informazioni riguardo la copertura del segnale.

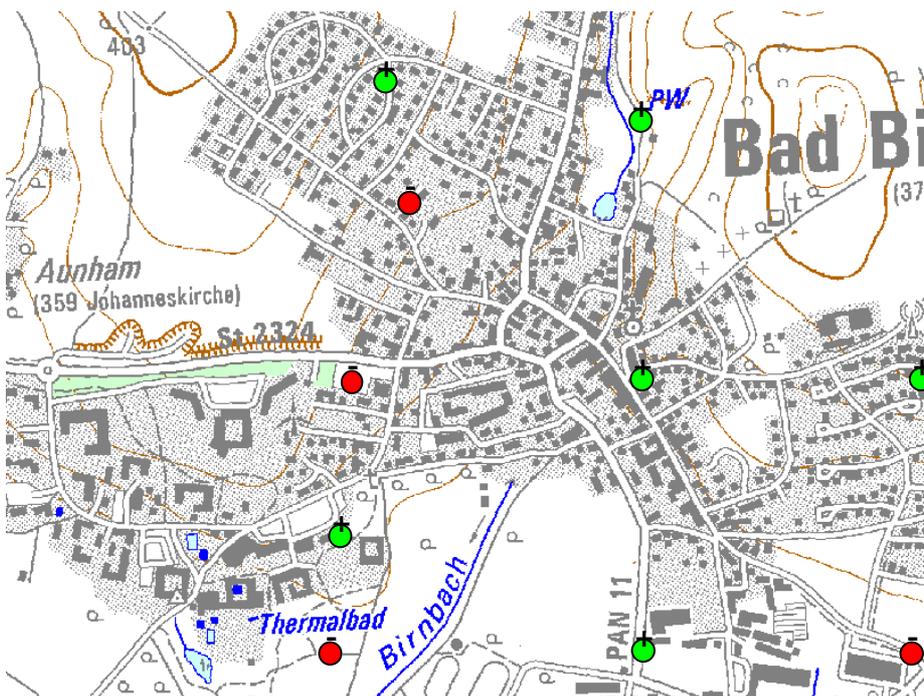


Figura 1-9: Presentazione dei dati riguardanti la copertura di un trasmettitore DVB-T

Se il numero di campionamenti è adeguato si può determinare la “location probability” ossia un parametro che specifica la probabilità con la quale è possibile ricevere, nell’area in oggetto, il

segnale DVB-T con qualità sufficiente per usufruire del servizio. Ciò si può ottenere riportando su un grafico (ad es. vedi figura 1-10) i valori dell'intensità di campo misurati, opportunamente rivisti con fattori di correzione, e le relative percentuali di rilevamento di quei valori.

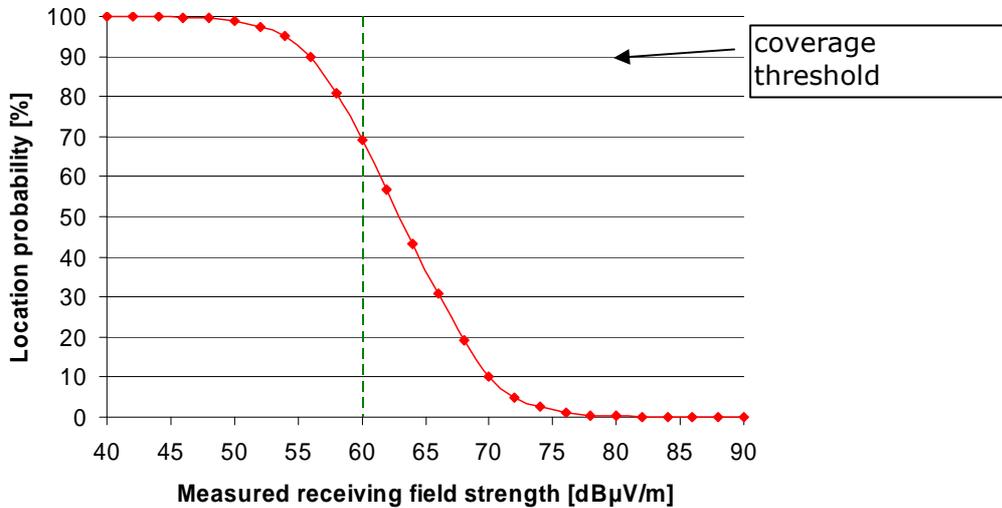


Figura 1-10: Calcolo della reale “Location Probability”

La soglia di copertura viene stabilita come il massimo delle due seguenti quantità:

- 1) la somma tra la misura dell'intensità di campo del segnale interferente ed il rapporto di protezione richiesto per il servizio DVB-T;
- 2) la somma tra la minima intensità del campo del segnale DVB-T desiderato e la correzione per ottenere la “*location probability*” (teorica) richiesta.

Nell'esempio di figura 10 la soglia di copertura è pari a 60 dBµV/m che è stata rilevata per almeno il 70% dei campioni. Ciò significa che la ricezione sarà possibile per il 70% dei siti all'interno dell'area in oggetto o, in altre parole, l'area in oggetto risulta effettivamente coperta dal servizio per il 70% del totale.

## 2 Metodologie per la verifica della qualità “tecnica” del segnale RF e del TS per emissioni DTT

### 2.1 Le linee guida dell’ ETSI per misure su piattaforme di diffusione DVB

Il rapporto tecnico ETSI TR 101 290 “Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems” descrive le linee guida per eseguire misure sulle piattaforme di diffusione televisiva definite dal DVB. Le misure si applicano alle piattaforme satellitare, cavo e terrestri. Questa sezione è dedicata alla descrizione ed al commento delle misure attinenti alla piattaforma televisiva digitale terrestre DVB-T.

La piattaforma DVB-T opera, in Italia, nelle bande:

- III della radiodiffusione televisiva (170 ÷ 230 MHz)
- IV e V della radiodiffusione televisiva (470 ÷ 862 MHz).

Tra le particolarità della situazione nazionale, che hanno un riflesso diretto sull’esecuzione delle misure, si possono ricordare l’affollamento delle bande, che rende particolarmente significative le misure sulle interferenze a RF, e l’uso massivo di reti a frequenza singola, che fa assumere un ruolo primario alle misure dedicate a questa modalità trasmissiva.

### 2.2 Schema a blocchi e punti di misura per la piattaforma DVB-T

Nello schema di Figura 2-1, a cui si farà riferimento nell’intero lavoro, vengono riportati i blocchi funzionali di una piattaforma DVB-T ed i relativi punti di misura come definiti in [23]. Il riferimento è, come in [23], all’intera catena: Trasmissione – Radiodiffusione – Ricezione a cui in questo lavoro, sono stati aggiunti, per completezza rispetto alle misure da definire, anche i blocchi Contribuzione e Ricezione non presenti in [23]. A valle del blocco ricezione è stata definito il punto di misura AV, non previsto in [23], da cui si possono effettuare le misure di qualità audio/video.

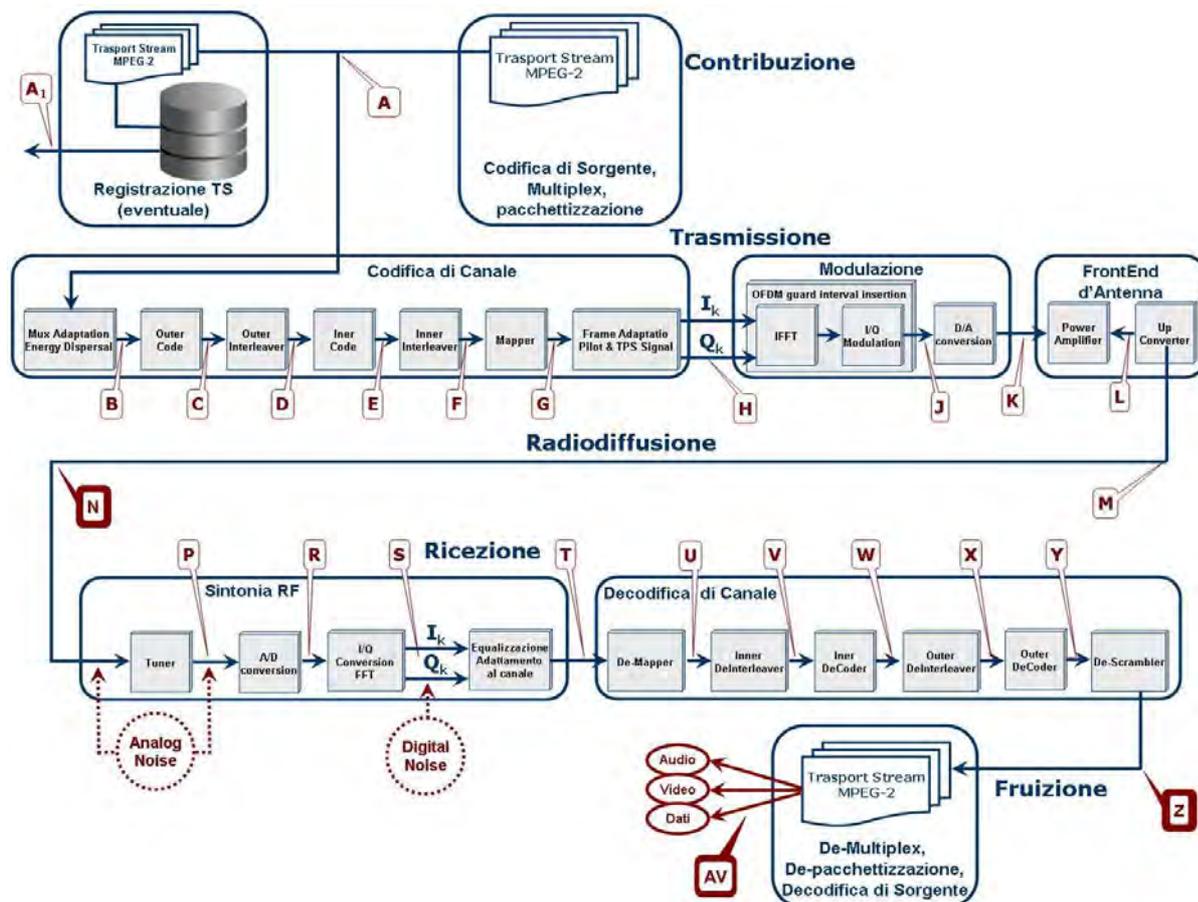


Figura 2-1: Schema a blocchi di una piattaforma DVB-T con indicazione dei possibili punti di misura

A proposito del Blocco Contribuzione, è stata prevista, come spesso avviene in situazioni reali di misura, la possibile registrazione del TS prima della codifica di canale, definendo di conseguenza, interfaccia A<sub>1</sub> su cui si possono eseguire (in tempo differito) le medesime misure previste (in tempo reale) sull'interfaccia A.

Similmente, anche prima del blocco Fruizione è stata prevista la possibile registrazione del TS dopo la decodifica di canale effettuata dal ricevitore, definendo di conseguenza, interfaccia Z<sub>1</sub> su cui si possono eseguire (in tempo differito) le medesime misure previste (in tempo reale) sull'interfaccia Z.

### 2.3 Tipologia delle misure

Dal rapporto tecnico [23] sono state selezionate, per questo lavoro, le misure attinenti ad una rete di diffusione di televisione digitale terrestre (DVB-T), con i parametri comunemente usati in Italia (ad esempio, uso di 8k portanti in OFDM, modulazione QAM, ecc.). Particolare attenzione è stata inoltre posta per le misure su reti FSN che costituiscono la struttura prevalente della diffusione televisiva italiana.

Le misure possono logicamente essere in quattro gruppi:

- Misure sui segnali a radiofrequenza (cfr § 2.4), sui segnali IQ (cfr § 2.5), e sulle caratteristiche specifiche delle reti SFN (“Mega-frame”) (cfr § 2.6).  
Queste misure sono finalizzate a mettere in evidenza i fattori di degradazione del segnale digitale in una piattaforma DVB-T, più che gli effetti del degrado medesimo. I fattori di degradazione, forniscono il quadro delle criticità del sistema, indispensabile in sede di valutazione del sistema medesimo. I medesimi fattori, però, possono o meno avere influenza sul contenuto informativo del segnale digitale e quindi sulla qualità percepita dall'utente. Queste condizioni verranno messe in evidenza con le misure di BER (cfr § 2.7).
- Misure di BER (cfr § 2.7). Queste individuano gli errori presenti nel flusso digitale, sia che questi possano essere corretti dai sistemi FEC (risultando pertanto privi di effetti) sia che non possano essere corretti (esercitando quindi influenza diretta sulla qualità percepita del servizio).
- Misure sulla sintassi del TS, che in presenza di errori reali (non corretti) nel segnale digitale, forniscono una prima indicazione dell'effetto degli errori medesimi sul servizio. Una valutazione esatta della qualità percepita dall'utente, è comunque demandata a misure sulla qualità dei segnali audio video (punti di misura AV) che verranno trattati in altra parte di questo lavoro.
- Valutazioni dei “ Parametri globali del servizio” che, basandosi sui risultati delle misure sopradescritte, descrivono le prestazioni della trasmissione digitale dal ingresso del segnale MPEG-2 TS nel sistema DVB-T all'uscita MPEG-2 TS di quest'ultimo; inoltre forniscono indicazioni del tipo disponibilità/indisponibilità del servizio o del singolo link in cui il servizio transita.

Le misure che sono state selezionate da [23] per maggiore attinenza con la situazione nazionale sono le seguenti:

- Misure sui segnali a radiofrequenza (cfr § 2.4).
  - Accuratezza dei parametri di modulazione (cfr § 2.4.1), che comprendono l'accuratezza RF frequency accuracy (Precision); RF channel width (Sampling Frequency Accuracy); la misura della lunghezza dei simboli OFDM (che comprende la verifica dell'intervallo di guardia)
  - Rumore di fase (in trasmissione) (cfr § 2.4.2)
  - Potenza del segnale radio (cfr § 2.4.3)
  - Potenza del rumore a radiofrequenza (analog noise) (cfr § 2.4.4)
  - Analisi spettrale (cfr § 2.4.5)
  - Misure di linearità del segnale OFDM (shoulder attenuation) (cfr § 2.4.6) 8
  - Coherent interferer (cfr § 2.4.7)
- Misure sui segnali “In-phase Quadrature” – IQ, ovvero analisi delle costellazioni QAM modulate sulle portanti del segnale OFDM (cfr § 2.5). Le misure comprendono:
  - Modulation Error Ratio (MER) (cfr § 2.5.1) calcolato a partire da N punti di simbolo misurati senza effettuare calcoli riguardanti i rimanenti punti di simbolo.
  - System Target Error (STE) (cfr § 2.5.2) ovvero Lo scostamento dei centri delle nuvole in un diagramma di costellazione rispetto al punto di simbolo teorico.
  - Carrier Suppression (CS) (cfr § 2.5.4.1)
  - Phase Jitter (PJ) (cfr § 2.5.3)

- Misure specifiche per reti SFN (cfr § 2.6) che comprendono:
  - Overall signal delay (cfr § 2.6.1)
  - SFN synchronization (cfr § 2.6.3); comprendente i vari possibili errori sul “Mega-frame Initialization Packet” (MIP) (timing\_error, structure\_error, presence\_error, pointer\_error, periodicity\_error, ts\_rate\_error).
- Tasso d’errore BER (cfr § 2.7). Il BER costituisce la misura principale in una piattaforma DVB-T, in quanto mette in evidenza gli errori che si manifestano nel segnale digitale trasmesso. Le misure di BER sono previste sia prima che dopo l’ inner decoder (before Viterbi / after Viterbi) (2.7.1) e dopo l’outer decoder (Reed Solomon) (2.7.2). Le varie misure di BER vengono impiegate essenzialmente per due scopi:
  - valutare le prestazioni della catena trasmettitore – canale di trasmissione – ricevitore, in condizioni operative ed a prescindere dai sistemi FEC (forward error correction) impiegati nel DVB-T che potrebbero annullare gli effetti degli errori medesimi;
  - valutare gli errori nel segnale digitale trasmesso, sopravvissuti ai processi FEC, e che di conseguenza vengono percepite dall’utente e portano a compromettere le condizioni di operatività del sistema.
- Verifiche sulla Sintassi del Transport Stream MPEG-2 (cfr § 7), comprendenti i parametri del TS da tenere sotto controllo per verificare la correttezza della decodifica o della singola applicazione, quali le Informazioni su programmi e servizi, la Temporizzazione, il System clock ed i PCR, il Bitrate del TS e la consistenza complessiva delle informazioni
- Parametri globali del servizio DVCB-T (cfr § 7), che comprendono:
  - System Error Performance (cfr § 8.1)
  - Disponibilità del Sistema (cfr § 8.2)
  - Disponibilità del Link (cfr § 8.3)
  - Disponibilità a livello TS (cfr § 8.4)
  - Evaluation of service performance by combination of TS related parameters (cfr § 8.5)

## 2.4 Misure a radiofrequenza per il DVB-T (ETSI TR 101 290 § 9)

### 2.4.1 Accuratezza dei parametri di modulazione (ETSI TR 101 290 § 9.1)

L'accuratezza di alcuni parametri di base della modulazione OFDM può essere misurata sul segnale RF del DVB-T.

#### 2.4.1.1 RF frequency accuracy (Precision)

**Scopo:** I segnali OFDM possono essere elaborati efficacemente se il trasmettitore è in grado di mantenere una certa accuratezza del valore della frequenza portante. Nel caso poi di particolari modalità operative come quello di reti SFN è richiesto per tale valore un'accuratezza elevata.

**Interfacce:** L (IF nel trasmettitore prima dell'UP Converter), M (RF in trasmissione) oppure, più agevolmente, all'interfaccia N (RF in ricezione) se il segnale ricevuto si mantiene stabile.

**Metodo:** la "frequency accuracy" viene generalmente misurata sulla frequenza di centro banda, assumendo che le altre frequenze OFDM abbiano la medesima accuratezza. Il modo 8k del DVB-T, al centro del canale ( $k=3048$ ) viene collocato sempre un segnale pilota continuo (Pilot), con fase continua su simboli OFDM successivi. Questo segnale viene usato per la stima del canale e le relative correzioni apportate dal ricevitore.

In questi casi la "frequency accuracy" viene misurata sul Pilot.

L'accuratezza in frequenza del Pilot può essere direttamente misurata da un analizzatore di spettro che possieda un contatore integrato e un filtro risolutivo di 300Hz o meno (se necessario utilizzando una sorgente di riferimento di accuratezza sufficiente).

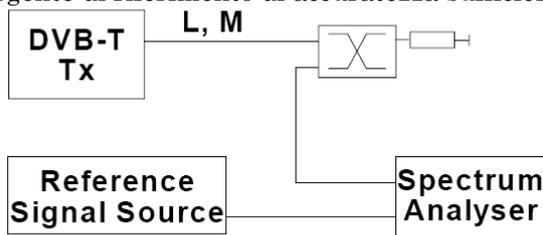


Figura 2-2: Schema a blocchi per la misura di "frequency accuracy"

#### 2.4.1.2 RF channel width (Sampling Frequency Accuracy)

**Scopo:** Misure di larghezza di banda del canale sono utili per verificare che l'accuratezza della frequenza di campionamento sia mantenuta costante nel modulatore.

**Interfacce:** L, M

**Metodo:** La banda occupata da un segnale COFDM dipende direttamente dalla spaziatura in frequenza delle portanti e questa dipende a sua volta dalla frequenza di campionamento.

Le portanti ai bordi dello spettro del segnale DVB-T sono delle portanti dedicate ai segnali pilota di tipo continuo. Le loro frequenze possono essere misurate con la configurazione di Figura 2-2 descritta nell'Annesso E1 di [23].

La differenza tra i valori delle portanti ai bordi dello spettro del canale sotto misura è confrontata con la larghezza di banda nominale (7 607 142,857 Hz per canali a 8 MHz, 6 656 250,000 Hz per canali a 7 MHz e 5 705 357,143 Hz per canali a 6 MHz)

**Nota:** i valori sono forniti con tre cifre decimali solamente per completezza. Accuratezza di 1 Hz a 5 MHz significa  $0,2 \times 10^{-6}$  per Hz, che può essere sufficiente per la maggior parte dei casi di misura di frequenze di campionamento. Gli strumenti di misura dovrebbero avere risoluzioni ed accuratezze maggiori (tipicamente dell'ordine di dieci volte) rispetto a quelle richieste dalla misura.

Se i valori di frequenza delle portanti ai bordi dello spettro sono noti attraverso opportune misure (cfr E.1.3 e E.1.4 nell'Annesso E di [23]) allora i valori dei parametri significativi ad esse relativi possono essere calcolati attraverso la Tabella 2-1 per il modo 8K. Indicando con  $F_L$  e  $F_H$  le frequenze ai bordi, la banda occupata è  $OB = F_H - F_L$ . Il numero di portanti è  $K$  e per il modo 2k si ha  $K-1 = 1\ 704$  mentre per il modo 8k si ha  $K-1 = 6\ 816$ .

Banda occupata	$F_H - F_L$
----------------	-------------

<b>Spaziatura delle frequenze</b>	$(F_H - F_L)/6\ 816$
<b>Durata utile</b>	$6\ 816/(F_H - F_L)$
<b>Canale centrale 1st IF</b>	$(F_H - F_L) \times 4\ 096/(K-1)$
<b>Frequenza di campionamento</b>	$(F_H - F_L) \times 16\ 384/(K-1)$

Tabella 2-1: Valori calcolati dei parametri significativi per le misure dilarghezza di banda del canale

### 2.4.1.3 Symbol Length measurement at RF (Guard Interval verification)

**Scopo:** Verifica dell'intervallo di guardia utilizzato in un segnale DVB-T ricevuto può essere effettuato sul segnale RF attraverso accurate misure di frequenza. Questa misura è utile nei casi in cui vi sia incertezza sul fatto che il modulatore stia operando correttamente e producendo un segnale con l'intervallo di guardia voluto.

**Interfacce:** L, M

**Metodo:** I segnali pilota di tipo scattered producono componenti spettrali di tipo impulsivo ogni tre portanti nello spettro del segnale DVB-T a causa della loro ripetizione con medesima fase ogni quattro simboli. La differenza di frequenza tra due linee spettrali contigue rappresentanti segnali pilota di tipo scattered rappresenta l'inverso della durata temporale di quattro simboli DVB-T.

Misurando tale intervallo temporale e dividendo il suo inverso per 4 si ottiene la durata complessiva di ciascun simbolo  $T_s$ . Sottraendo da questa la durata nominale utile di ciascun simbolo  $T_U$  è possibile ottenere il valore dell'intervallo di guardia GI.

Lo schema di misura è quello consueto di Figura 2-2 descritta nell'Annesso E1 di [23].

Nell' Annesso E.1.4 di [23] vengono forniti esempi di misurazioni e tabelle che illustrano la corrispondenza esistente tra misure di frequenza e relativi intervalli di guardia. Nella tabella seguente si riporta la corrispondenza tra i valori di frequenza misurati ed i relativi valori di GI nel caso di canalizzazione a 8MHz e modalità 8k.

<b>Intervallo di Guardia (GI)</b>	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$
<b><math>T_s = \Delta + T_U</math> (µs)</b>	1280	1152	1088	1056
<b>Scattered repetition period µs</b>	5120	4608	4352	4224
<b>Line spectra separation Hz</b>	195,3	217	229,8	236,7

Tabella 2-2: Valori calcolati degli intervalli di guardia per canalizzazione a 8MHz e modalità 8k, a partire dalla separazione delle linee spettrali degli "Scattered Pilot"

### 2.4.2 Rumore di fase (in trasmissione) (ETSI TR 101 290 § 9.4)

**Scopo:** Il rumore di fase può essere introdotto dal trasmettitore nei convertitori di frequenza o dal ricevitore a causa di perturbazioni random della fase degli oscillatori.

In un sistema OFDM il rumore di fase può causare il cosiddetto Common Phase Error (CPE) che colpisce tutte le portanti simultaneamente e che può essere minimizzato o corretto utilizzando i segnali pilota continui. Tuttavia si può verificare la cosiddetta Inter-Carrier Interference (ICI) che risulta simile al rumore ma non può essere corretta.

Gli effetti del CPE sono simili a quelli su sistemi a singola portante; il rumore di fase al di fuori della banda del circuito di ricostruzione della portante, determina che ciascun punto della costellazione nel piano I/Q possa cadere in un'area circolare centrata sul valore teorico. Ciò riduce il margine operativo (margine di rumore) del sistema e può causare un incremento del BER.

Gli effetti dell'ICI sono invece peculiari dell'OFDM e non possono essere corretti. Ciò deve essere tenuto in conto nella valutazione del rumore complessivo del sistema.

**Interfacce:** qualsivoglia accesso agli oscillatori locali Local Oscillators (LO), nei trasmettitori, convertitori e ricevitori.

**Metodo:** Il rumore di fase può essere misurato con un analizzatore di spettro, un analizzatore vettoriale o un sistema di misura specifico per il rumore di fase.

**Metodo per CPE:** Usualmente la densità di rumore di fase è espressa in dBc/Hz (decibel relativi alla portante per Hz) ad una frequenza caratterizzata da un certo offset (di frequenza) rispetto a quella del segnale dell'oscillatore locale. ETSI raccomanda di specificare una maschera spettrale con almeno tre punti (offset di frequenza, livello) come nell'esempio riportato in Figura 2-3.

Negli annessi A.4 ed E.4 di [23] sono riportate informazioni aggiuntive anche di tipo pratico riguardanti le specifiche metodologie per le misure di fase.

**Metodo per ICI:** Per la misura dell'ICI, l'uso di multipli della spaziatura tra le portanti è raccomandato per le frequenze,  $f_a$ ,  $f_b$ ,  $f_c$ . In particolare per sistemi 8k si raccomandano offset di frequenza pari a 1,1 kHz, 2,2 kHz, 3,4 kHz.

L'uso tipico di queste misure è quello relativo alla costruzione, ispezione e manutenzione dei modulatori trasmettitori, dei convertitori up e down e dei ricevitori sia professionali che di tipo consumer.

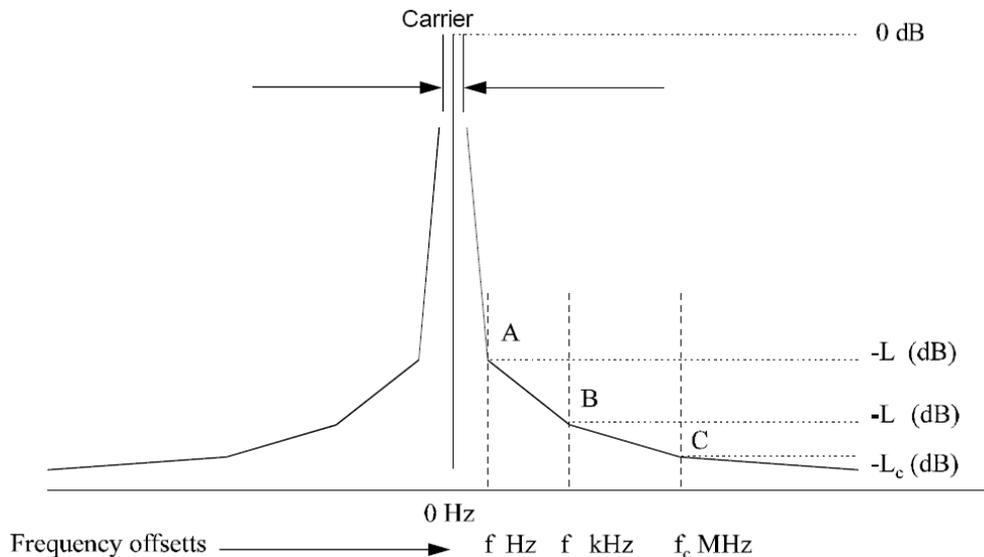


Figura 2-3: Possibile maschera per la misura del CPE; i punti A,B e C devono essere definiti.

### 2.4.3 Potenza del segnale radio (ETSI TR 101 290 § 9.5)

**Scopo:** La misura della potenza di segnale è necessaria per verificare i livelli di segnale nei siti trasmettenti e riceventi.

**Interfacce:** M, N.

**Metodo:** La potenza di un segnale DVB-T, è definita come la potenza media del segnale come sarebbe misurata con un sensore di potenza termica. Nel caso di segnale ricevuto si deve porre cura nel limitare la misura alla larghezza di banda del segnale in esame.

Nel caso d'uso di analizzatore di spettro o di ricevitore calibrato, lo strumento deve integrare la potenza del segnale nella banda nominale dello stesso ( $n f_{\text{SPACING}}$ ) dove  $n$  è il numero delle portanti.

### 2.4.4 Potenza del rumore a radiofrequenza (analog noise) (ETSI TR 101 290 § 9.6)

**Scopo:** Il rumore costituisce un disturbo significativo in una rete trasmissiva.

**Interfacce:** N,P.

**Metodo:** La potenza di rumore (potenza media), o potenza indesiderata, può essere misurata con un analizzatore di spettro in condizioni di assenza di segnale (out of service).

La potenza di rumore è specificata utilizzando la banda che sarebbe occupata dal segnale OFDM ( $n f_{\text{SPACING}}$ ) dove  $n$  è il numero delle portanti.

**Nota:** Il rapporto C/N dovrebbe essere calcolato come rapporto tra la potenza del segnale, misurata come descritto in § 2.4.3 e la potenza di rumore misurata come descritto in questo paragrafo.

### 2.4.5 Analisi spettrale (ETSI TR 101 290 § 9.7)

**Scopo:** Per evitare interferenze con altri canali, lo spettro del segnale trasmesso deve essere conforme ad un'opportuna maschera definita per le reti diffusive terrestri. Se lo spettro all'uscita del modulatore è

definito mediante una maschera, la stessa procedura può essere applicata al segnale a frequenza intermedia (IF) (senza pre-correzione).

**Interfacce:** K, M.

**Metodo:** tale misura è usualmente realizzata con un analizzatore di spettro. La densità spettrale di un segnale DVB-T è definita come la media a lungo termine della potenza istantanea del segnale per unità di banda (i.e. 1 Hz). Valori per altre larghezze di banda possono essere ottenuti incrementando proporzionalmente i valori dell'unità di banda.

Al fine di evitare la presenza di strutture regolari nel segnale modulato, è necessario che il segnale modulato abbia una struttura pseudocasuale.

Si deve porre attenzione al fatto che lo stadio d'ingresso dello strumento selettivo di misura non sia sovraccaricato (accecato) dal lobo principale del segnale durante la verifica della densità spettrale dei lobi laterali (i. e. the out-of-band range). Le distorsioni non lineari nello strumento di misura possono generare lobi laterali fittizi che mascherano quelli originali, specialmente nei casi in cui questi ultimi presentino elevati valori di attenuazione. In questi casi un'attenuazione selettiva del lobo principali si è dimostrata la via più efficace per evitare gli effetti di mascheramento.

Tuttavia, dato che la risposta in frequenza del filtro utilizzato a tal fine deve essere inclusa nella valutazione, l'intera procedura di misura può assumere una certa complessità.

Per quanto riguarda la banda di risoluzione, i valori raccomandati non devono superare i 30 kHz. Valori preferibili sono di circa 4 kHz. La misura dovrebbe essere normalizzata al rumore a 4 kHz.

#### 2.4.6 Misure di linearità del segnale OFDM (shoulder attenuation) (ETSI TR 101 290 § 9.10)

**Scopo:** La cosiddetta "shoulder attenuation" (attenuazione di bordo) può essere utilizzata per caratterizzare la linearità di un segnale OFDM in assenza, come riferimento, di una maschera spettrale.

**Interfacce:** M.

**Metodo:** Si applica la seguente procedura allo spettro misurato del segnale in uscita dal trasmettitore.

- a) Si identifica il valore massimo dello spettro utilizzando una larghezza di banda di risoluzione pari approssimativamente a 10 volte la spaziatura tra le portanti.
- b) Si tracciano le linee congiungenti i punti di misura distanti rispettivamente 300 kHz e 700 kHz dall'ultima (e dalla prima) delle frequenze OFDM. In ognuno dei due estremi dello spettro (inferiore e superiore), si traccia una linea parallela a quella appena tracciata in modo tale che il valore massimo dello spettro (valutato come esposto in a) entro il range relativo (+300 ÷ +700 kHz), giaccia sulla linea. Per una maggior chiarezza fare riferimento alla Figura 2-4 ed alla Tabella 2-3
- c) Si sottrae il valore della potenza del punto centrale della linea (a distanza di 500kHz dai bordi superiore ed inferiore) dal valore spettrale massimo (valutato in a) identificando il valore ottenuto come "shoulder attenuation" dai bordi superiore ed inferiore.
- d) Il caso peggiore tra quelli calcolati in c) viene identificato come "shoulder attenuation" complessiva.

**Nota:** Per una valutazione immediata è possibile misurare direttamente il valore a 500kHz supposto che non vi siano interferenze di tipo coerente.

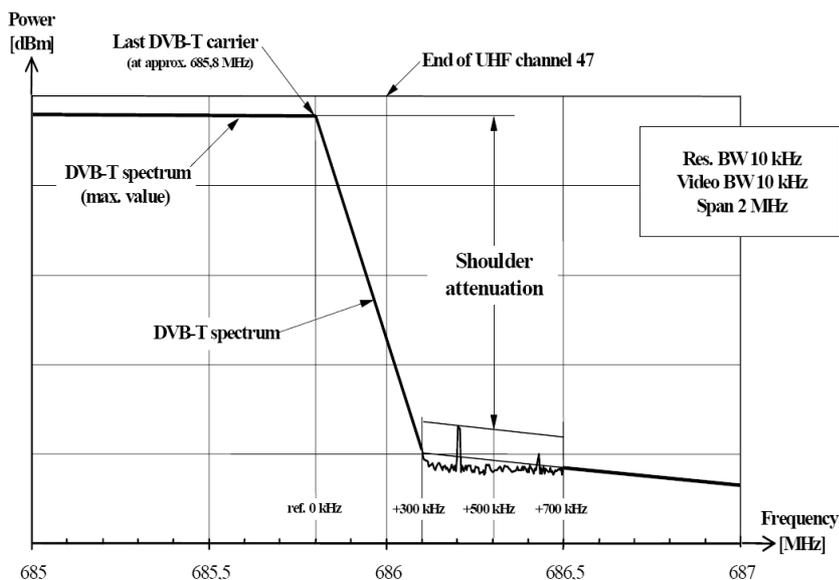


Figura 2-4: Esempio di “shoulder attenuation” con il bordo superiore dello spettro DVB-T nel canale 47 (centro banda 682 MHz). La procedura è illustrata in Tabella 2-3

Step 1	Select the centre frequency of spectrum analyser in the middle of the UHF channel (i.e. 682 MHz for channel 47). Verify the output power level using an high resolution BW (3 MHz or 5 MHz) and compare with the value obtained by the power metre (if available).
Step 2	Select the centre frequency of spectrum analyser at the end of the UHF channel (i.e. 686 MHz for channel 47).
Step 3	Select an adequate span (for example 2 MHz).
-Step 4	Select the resolution BW (10 kHz is adequate for 2 k and 8 k mode) and adjust levels. Video BW is of the same order.
Step 5	Measure the power level at 300 kHz and 700 kHz from upper edge of the DVB-T spectrum and proceed as indicated in clause 9.10. Last DVB-T carrier is at approximately +3,8 MHz from the centre of the UHF channel: then, for channel 47, the two measurement points are at 686,1 MHz and 686,5 MHz.
Step 6	Repeat steps from 2 to 5 for the lower edge of the spectrum.
Step 7	The worst case value of the upper and lower results is the "shoulder attenuation" (dB).
NOTE	The value obtained should be joined up with the used mode (2 k or 8 k) of the OFDM source. If available, the "maximum-hold" function of the spectrum analyser can help to carry out the measurement.

Tabella 2-3: procedura per il calcolo della “shoulder attenuation” nel caso illustrato in Figura 2-4

#### 2.4.7 Coherent interferer (ETSI TR 101 290 § 9.12)

**Scopo:** Identificare le interferenze di tipo coerente che possono influenzare l’affidabilità dell’analisi delle costellazioni nel piano I/Q o le misure di BER.

**Interfaccia:** N o P.

**Metodo:** La misura è realizzata con un analizzatore di spettro.

L’analisi spettrale viene effettuata a banda molto stretta sulla zona tra due portanti OFDM in cui non dovrebbero essere presenti segnali di sorta. Questo consente di aumentare la risoluzione in ampiezza fino a rendere visibile l’eventuale interferente rispetto al fondo di rumore nello spazio frequenziale tra due portanti. Ciò perché, se l’analisi venisse condotta nello spazio frequenziale in cui esistono una o più portanti, l’ampiezza dell’interferente verrebbe mascherata dall’ampiezza delle portanti.

## 2.5 Analisi delle costellazioni (IQ signal analysis) (ETSI TR 101 290 § 9.18)

L'analisi sui segnali "In-phase Quadrature" – IQ, riguarda le costellazioni QAM (Quadrature amplitude modulation) delle portanti del segnale OFDM. In viene illustrato il diagramma IQ di una delle modulazioni più comuni, il 16 QAM.

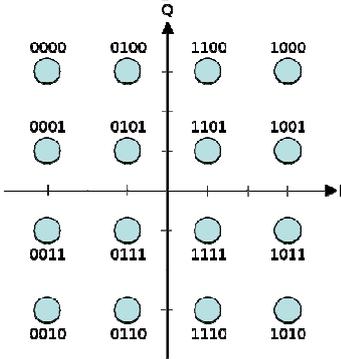


Figura 2-5: Diagramma IQ della modulazione 16 QAM; tratto da [http://en.wikipedia.org/wiki/File:16QAM\\_Gray\\_Coded.svg#file](http://en.wikipedia.org/wiki/File:16QAM_Gray_Coded.svg#file)

L'analisi IQ può essere applicata su singole portanti del segnale OFDM così come su gruppi delle medesime. In quest'ultimo caso, tutti i simboli ricevuti del gruppo di portanti sotto misura, possono essere sovrapposti al fine di ottenere un diagramma delle costellazioni comune. In questo caso, ciascun punto viene rappresentato da una "nuvola" all'interno della quale cadono i diversi valori ricevuti del medesimo simbolo.

Poiché le portanti dei piloti scattered, quelle dei piloti continui e quelle dei TPS (Transmission Parameter Signalling), previsti dallo standard DVB-T, utilizzano schemi di modulazione differenti dal resto delle portanti che veicolano i dati, viene raccomandato di escludere i tre tipi di portanti suddette dall'analisi IQ oppure di applicare ad esse un'analisi IQ specifica.

Assumendo:

- un diagramma di costellazione di  $M$  punti di simbolo e  $K$  portanti sotto misura con  $0 < K \leq K_{MAX} + 1$  in cui  $K_{MAX} + 1$  è il numero di portanti OFDM attive (ad esempio  $1.705 - 2k$  opp.  $6.817 - 8k$  portanti);
- un campione di  $N$  misure (punti di simbolo), in cui  $N$  sia sufficientemente maggiore di  $M \times K$  per avere la richiesta accuratezza di misura;
- che le coordinate di ogni punto ricevuto  $J$  siano  $(I_j + \delta I_j)$ ,  $(Q_j + \delta Q_j)$  in cui  $I$  e  $Q$  sono le coordinate del punto di simbolo teorico e  $\delta I_j$  e  $\delta Q_j$  sono gli offset che costituiscono il vettore d'errore.

Per valutare i differenti fattori che deteriorano il segnale utile appare utile valutare i seguenti parametri:

- Il Modulation Error Ratio (MER) e il relativo Error Vector Magnitude (EVM); lo scopo è di individuare nei dati ricevuti i fattori di deterioramento, calcolati a partire dagli  $N$  punti di simbolo misurati senza effettuare calcoli sui dati appartenenti agli  $M$  punti di simbolo.

Si possono calcolare per ciascun punto  $i$  degli  $M$  punti di simbolo, la distanza media  $d_i$  e la distribuzione  $\sigma_i$ , a partire dai valori  $\delta I_i$  e  $\delta Q_i$  appartenenti al punto  $i$ .

- System Target Error (STE); che rileva lo scostamento dei centri delle nuvole in un diagramma di costellazione rispetto al punto di simbolo teorico e fornisce un'indicazione globale sulla distorsione complessiva presente sui dati grezzi ricevuti dal sistema.
- Phase Jitter (PJ); fluttuazioni in fase e frequenza degli oscillatori, ricavabile dalla distribuzione statistica delle  $M$  nuvole di punti di simbolo
- Coherent interferer (se è dominante) (illustrato tra le misure a radiofrequenza, ma anch'esso ricavabile dalla distribuzione statistica delle  $M$  nuvole di punti di simbolo)

Le nuvole residuali (che si ottengono dopo l'eliminazione dei due fattori precedenti) si assumono essere dovute al solo rumore gaussiano e costituiscono la base per il calcolo del rapporto segnale-rumore, che però, in pratica, viene calcolato col metodo esposto in § 2.4.4 e 2.4.2. Il parametro può includere, oltre al rumore, anche altri effetti di disturbo, come piccole interferenze coerenti o errori residuali rispetto alla correzione di canale.

Nel caso d'impiego delle interfacce S o T si deve considerare la possibilità di un filtraggio preventivo del segnale.

Tutti i parametri sopra illustrati, sono influenzati dalle prestazionali del modulatore, dal sistema di trasmissione e dal ricevitore/demodulatore.

Si deve notare che il meccanismo di stima / correzione di canale può influenzare i risultati della misura. Ciò è particolarmente vero per misure sul campo o in condizioni di ricezione realistiche, seppur simulate. E' evidente che per le misure effettuate all'uscita del trasmettitore tale influenza risulta trascurabile.

Per confrontare i risultati delle misure si devono quindi possedere informazioni riguardanti le caratteristiche del meccanismo di stima / correzione di canale.

### 2.5.1 Modulation Error Ratio (MER)

**Scopo:** Fornire una singola "cifra di merito" riguardante le K portanti considerate.

**Interfaccia:** S, T e H.

**Metodo:** Sono ricostruite la frequenza portante del segnale OFDM e la temporizzazione di simbolo. L'offset di origine della portante centrale, il Quadrature Error (QE) e l'Amplitude Imbalance non sono corretti.

Viene acquisito un gruppo N di coppie di coordinate  $(\tilde{I}_j, \tilde{Q}_j)$ .

Per ogni simbolo ricevuto, viene operata la decisione di quale simbolo era stato trasmesso. Il vettore d'errore è definito come la distanza tra la posizione teorica del simbolo (il centro dell'area di decisione) dalla posizione attuale del simbolo ricevuto. La distanza può essere espressa in forma di vettore  $(\delta I_j$  e  $\delta Q_j)$ . La somma dei quadrati dei moduli dei vettori dei simboli teorici è divisa per la somma dei quadrati dei moduli dei vettori d'errore: il risultato espresso come rapporto di potenze in dB è definito come MER (Modulation Error Ratio).

$$MER = 10 \times \log_{10} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)} \right\} dB$$

Si sottolinea il fatto che il MER è solo una delle possibili modalità per calcolare una cifra di merito per un segnale modulato vettorialmente. Una cifra di merito alternativa è il cosiddetto Error Vector Magnitude (EVM) definito come:

$$EVM_{RMS} = \sqrt{\frac{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)}{S_{\max}^2}} \times 100\%$$

In cui  $S_{\max}$  rappresenta l'ampiezza del vettore dello stato più esterno della costellazione.

E' possibile verificare che MER e EVM misurano essenzialmente la stessa quantità ed è possibile risalire facilmente dall'uno all'altro, nota la costellazione.

La specifica ETSI fornisce la relazione che mette in relazione i due parametri: quando MER e EVM sono espressi semplicemente come rapporti tra tensioni (trascurando unità logaritmiche e percentuali) il  $MER_V$  è pari al reciproco del prodotto tra  $EVM_V$  e rapporto tensione di picco/tensione media V per la costellazione.

$$EVM_V = \frac{1}{MER_V \times V}$$

Il rapporto tensione di picco/tensione media V può essere valutato per una determinata costellazione effettuando un numero opportunamente elevato di misure di simbolo. I valori limite sono riportati in tabella.

Complessità del QAM	Rapporto tensione di picco/tensione media V
16	1341
32	1303
64	1527

Tabella 2-4: sul rapporto tensione di picco/tensione media per ciascuna costellazione

La misura del MER è illustrata in dettaglio nell'Annesso C di [23]

### 2.5.2 System Target Error (STE)

**Scopo:** Lo scostamento dei centri delle nuvole in un diagramma di costellazione rispetto al punto di simbolo teorico riduce l'immunità al rumore del sistema ed indica la presenza di distorsioni particolari come Amplitude Imbalance and Quadrature Error (QE). STE fornisce un'indicazione globale sulla distorsione complessiva presente sui dati grezzi ricevuti dal sistema.

**Interface:** S e T.

**Metodo:** Per ognuno degli M punti di simbolo in un diagramma di costellazione si calcola la distanza tra il punto di simbolo teorico e il punto corrispondente alla media valutata sulla nuvola dei punti ricevuti corrispondente al simbolo considerato. Tale quantità ( $\overline{d}_i$ ) è denominata Target Error Vector (TEV) ed è illustrata in figura.

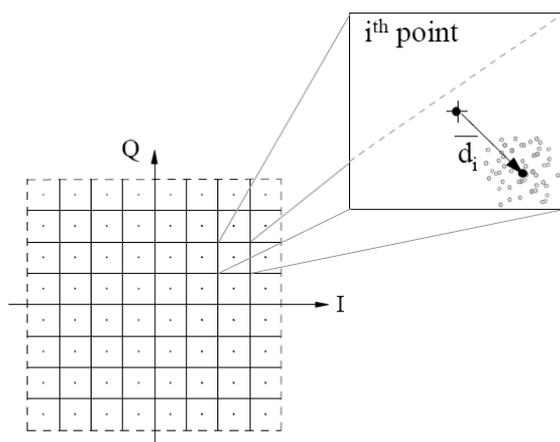


Figura 2-6: Illustrazione della definizione del TEV

A partire dai moduli degli M TEV (corrispondenti agli M simboli) si calcola il valor medio e la deviazione standard (normalizzata rispetto a SRMS, definito come il valore quadratico medio dell'ampiezza dei punti della costellazione), ottenendo il System Target Error Mean (STEM) e la System Target Error Deviation (STED) come segue:

$TEV = \bar{d}_i = (\bar{\delta I}_i, \bar{\delta Q}_i)$  for all  $j = 1, 2, \dots, N_s$  data points belonging to the sub-symbol  $i$ ;

$$\text{with } \bar{\delta I}_i = \frac{1}{N_s} \sum_{j=1}^{N_s} \delta I_j \text{ and } \bar{\delta Q}_i = \frac{1}{N_s} \sum_{j=1}^{N_s} \delta Q_j$$

$$S_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}$$

$$STEM = \frac{1}{M \times S_{rms}} \sum_{i=1}^M |\bar{d}_i|$$

$$STED = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M |\bar{d}_i|^2}{M \times S_{rms}^2} - STEM^2}$$

### 2.5.3 Phase Jitter (PJ)

**Scopo:** Il PJ di un oscillatore è dovuto a fluttuazioni in fase e frequenza. Utilizzando un oscillatore del genere per modulare un segnale digitale si determina nel ricevitore un'incertezza sul campionamento in quanto la rigenerazione della portante non può seguire le fluttuazioni di fase.

I punti di segnale sono disposti lungo una linea curva che attraversa il centro di ciascuna area di decisione come mostrato in Figura 2-7 per le aree di decisione situate nei quattro angoli del diagramma di costellazione.

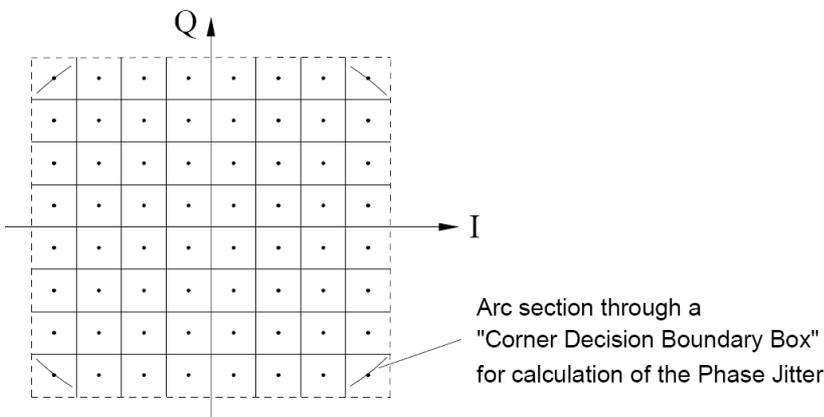


Figura 2-7: Posizione degli "archi" dei punti di segnale in caso di PJ

**Interfaccia:** S e T.

**Metodo:** Il PJ può essere calcolato teoricamente mediante il seguente algoritmo:

1) Si calcoli l'angolo tra l'asse I della costellazione e il vettore del simbolo ricevuto ( $I_{rcvd}$ ,  $Q_{rcvd}$ ):

$$\phi_1 = \arctan \frac{Q_{rcvd}}{I_{rcvd}}$$

2) Si calcoli l'angolo tra l'asse I della costellazione e il vettore del simbolo ideale ( $I_{ideal}$ ,  $Q_{ideal}$ ):

$$\phi_2 = \arctan \frac{Q_{ideal}}{I_{ideal}}$$

3) Si calcoli l'angolo d'errore:

$$\Phi_E = \Phi_1 - \Phi_2$$

4) A partire da questi N angoli si calcola il valore RMS del Phase Jitter:

$$PJ = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \phi_{E_i}^2 - \frac{1}{N^2} \left( \sum_{i=1}^N \phi_{E_i} \right)^2}$$

Tuttavia il metodo seguente può essere più pratico.

La prima approssimazione delle suddette linee curve nelle aree di decisione situate nei quattro angoli del diagramma di costellazione sono linee rette parallele alle diagonali delle aree di decisione medesime. Inoltre la curvatura della traccia del Phase Jitter (PJ) deve essere presa in considerazione nel calcolo della deviazione standard di PJ. Il valor medio di PJ è calcolato in gradi.

$$PJ = \frac{180^\circ}{\pi} \times \arcsin \left( \frac{\sigma_{PJ}}{\sqrt{2} \times (\sqrt{M} - 1) \times d} \right) [^\circ]$$

Nella quale M è l'ordine della modulazione QAM e 2d è la distanza tra due linee di confine successive. Nell'argomento della funzione arcsin, la deviazione standard del Phase Jitter è messa in relazione con la distanza tra il centro delle aree di decisione situate nei quattro angoli del diagramma di costellazione e il punto centrale del segnale QAM.

#### 2.5.4 Misure per modulazioni con 2k portanti

Ricordando che in un diagramma di costellazione di M punti di simbolo e K portanti, per ciascun punto degli M punti di simbolo è possibile calcolare la distanza media  $d_i$  dalle coordinate I e Q del punto di simbolo teorico, dagli M valori  $\{d_1, d_2, \dots, d_M\}$  si possono valutare i parametri

- Origin offset/ Carrier suppression (CS);
- Amplitude Imbalance; and
- Quadrature Error (QE)

I parametri sono valutabili solo per modalità 2 k dato che la portante a centro spettro si richiede trasferisca una costellazione completa cosa che in un sistema a 8k non si verifica in quanto la portante centrale è un pilota di tipo continuo.

I parametri possono essere rimossi dai valori  $d_i$  consentendo così di giungere alla valutazione del cosiddetto Residual Target Error (RTE) con lo stesso algoritmo utilizzato per il System Target Error (STE) (cfr § 2.5.2) a partire dai valori  $\{d_1, d_2, \dots, d_M\}$ .

I parametri Origin offset/ Carrier suppression (CS), Amplitude Imbalance (AI) and Quadrature Error (QE) sono tipici parametri prestazionali del modulatore.

Nella situazione italiana le misure su modulazioni con 2k portanti non hanno interesse pratico, tuttavia vengono brevemente riportate per completezza.

##### 2.5.4.1 Carrier Suppression (CS)

**Scopo:** una portante residuale rappresenta un segnale coerente indesiderato che si somma alla portante a centro spettro di un segnale OFDM. Può essere stata prodotta da un'offset di tensione dei segnali modulanti I e Q o da diafonia proveniente dalla portante di modulazione nel modulatore.

**Interface:** S e T.

**Metodo:** Ricerca di deviazioni sistematiche di tutti i punti della costellazione relativa alla portante a centro spettro e isolamento della portante residuale.

La Carrier Suppression (CS) si calcola a partire dalla formula:

$$CS = 10 \times \log_{10} \left( \frac{P_{sig}}{P_{RC}} \right)$$

In cui  $P_{RC}$  è la Potenza della portante residuale e  $P_{sig}$  è la Potenza della portante a centro spettro del segnale OFDM (privo di portante residuale).

**Validità:** Questa misura è valida solo per modalità 2 k. Si richiede infatti che la portante a centro spettro trasferisca una costellazione completa. In un sistema a 8k (in uso in Italia) questo non si verifica in quanto la portante centrale è un pilota di tipo continuo.

#### 2.5.4.2 Amplitude Imbalance (AI)

**Scopo:** le misure di sbilanciamento (squilibrio) d'ampiezza, vengono usate per separare le distorsioni QAM risultanti dall' Amplitude Imbalance (AI) dei segnali I e Q da altri tipi di distorsioni.

**Interfacce:** S e T.

**Validità:** Questa misura è valida solo per modalità 2 k. Si richiede infatti che la portante a centro spettro trasferisca una costellazione completa. In un sistema a 8k (in uso in Italia) questo non si verifica in quanto la portante centrale è un pilota di tipo continuo.

#### 2.5.4.3 Quadrature Error (QE)

**Scopo:** le fasi delle due portanti che alimentano i modulatori I e Q devono essere ortogonali. Se la loro differenza di fase è diversa da  $90^\circ$  si presenta una tipica distorsione del diagramma di costellazione.

**Interfacce:** S e T.

**Validità:** Questa misura è valida solo per modalità 2 k. Si richiede infatti che la portante a centro spettro trasferisca una costellazione completa. In un sistema a 8k (in uso in Italia) questo non si verifica in quanto la portante centrale è un pilota di tipo continuo.

## 2.6 Misure per reti SFN

### 2.6.1 Misura dell'intervallo di guardia (GI)

La misura dell'intervallo di guardia risulta particolarmente significativa per reti SFN. La misura è stata descritta in § 2.4.1.3.

### 2.6.2 Overall signal delay (ETSI TR 101 290 § 9.19)

**Scopo:** Misurare il ritardo introdotto dalla catena di trasmissione (dall'ingresso all'uscita) in modo da garantire la sincronizzazione del trasmettitore in una rete SFN.

**Interfacce:** A,M.

**Metodi:**

- (a) Il ritardo complessivo tra il TS MPEG-2 in ingresso al trasmettitore sotto test e il TS MPEG-2 in uscita dal ricevitore di test è valutato misurando il ritardo temporale necessario per allineare i dati in ingresso con quelli in uscita. Poiché il confronto è effettuato tra TS, per la misura nel punto M è necessario usare un ricevitore di test con ritardo noto.
- (b) Un metodo più diretto può essere quello di definire per il trasmettitore una modalità di test nella quale l'occorrenza di un Megaframe Initialization Packet (MIP) determina un impulso di trigger, [18]. L'impulso di trigger è reso disponibile per il collegamento ad un oscilloscopio ed anche per "armare" il modulatore. All'inizio del mega-frame, il modulatore trasmette un simbolo nullo (o un impulso predefinito nel dominio del tempo) piuttosto che i dati normali. Si misura quindi il ritardo tra l'impulso di trigger e l'emissione del simbolo nullo o dell'impulso a radiofrequenza.
- (c) Il ritardo di un trasmettitore può essere espresso in funzione del ritardo di un trasmettitore di riferimento. Per questa misura è possibile:
  1. acquisire da entrambi i trasmettitori campioni di ampiezza ridotta, dopo aver operato una regolazione dei livelli per averli simili (differenza < 3 dB)
  2. combinare i campioni dei due trasmettitori in un sommatore a radiofrequenza
  3. alimentare con il segnale ottenuto un analizzatore di spettro. Tipicamente lo spettro risultante mostrerà dei lobi causati dalla differenza dei ritardi nei trasmettitori. L'inverso della distanza in frequenza dei lobi spettrali rappresenta il ritardo relativo tra i due trasmettitori.

Due elementi svantaggiosi devono essere tenuti in considerazione:

- il ritardo è assoluto e quindi non fornisce indicazione su quale trasmettitore ha il ritardo maggiore
- l'accuratezza è legata alla capacità di identificare i valori minimi dei lobi e all'accuratezza di tale misura.

**Nota 1:** Il ritardo di un trasmettitore può essere considerato come la somma di diversi contributi i quali comprendono anche il ritardo fisico del trattamento analogico del segnale quale la lunghezza del collegamento verso l'antenna.

I buffer utilizzati per l'adattamento del segnale (ad esempio l'adattamento del bitrate del TS alla frequenza di campionamento del trasmettitore) ed altri buffer intermedi utilizzati nel calcolo dello spettro OFDM (IFFT) possono essere differenti in ricevitori di costruttori differenti.

**Nota 2:** Nel caso di reti SFN, l'adattatore SFN nel sito trasmittente può essere considerato parte integrata del modulatore trasmettitore. Si può calcolare il ritardo, dal valore dell'STS (Synchronisation Time Stamp) a 1 pps (pulse per second) utilizzato come riferimento, in modi differenti da costruttore a costruttore e aggiungere differenze nei ritardi che devono essere tenute in conto nei risultati della misura.

Si raccomanda l'uso di un TS di test con dati MIP embedded e procedure real-time per il calcolo dell'STS.

L'Annesso E.16 di [23] descrive con maggior dettaglio le procedure di misura.

## 2.6.3 SFN synchronization (ETSI TR 101 290 § 9.20)

### 2.6.3.1 MIP\_timing\_error

**Scopo:** Una pre-condizione necessaria per la sincronizzazione di reti SFN è che i valori di Synchronization Time Stamp (STS) inseriti nel pacchetto Mega-frame Initialization Packet (MIP) siano corretti. Questa misura verifica che successivi valori di STS siano auto consistenti, [18].

**Interfaccia:** A, Z.

(In particolar modo il TS tra l' "SFN adapter" e il "SYNC system" come definito in [18])

**Metodo:** Si localizza il MIP in tre mega-frame successive numerate M, M+1, M+2. Si estrae il campo synchronization\_time\_stamp da ciascun MIP ( $STS_M$ ,  $STS_{M+1}$  e  $STS_{M+2}$ ).

In generale la differenza tra due valori consecutivi di STS sarà la durata di un mega-frame diminuita di qualche multiplo (eventualmente 0) dell'intervallo tra due impulsi GPS. Anche senza conoscere la precisa durata di un mega-frame è noto che tale durata è costante e quindi si può affermare che deve essere:

$$STS_{M+2} - STS_{M+1} = STS_{M+1} - STS_M + nT$$

In cui T è 1s e n un qualsiasi intero.

Si calcola quindi nT dalla formula precedente e si verifica che sia pari ad un numero intero di secondi con l'accuratezza definita dall'utente.

Questo test può essere effettuato continuamente su ogni insieme di tre mega-frame consecutivi, {M+1, M+2, M+3}, {M+2, M+3, M+4}, ecc. Il risultato deve essere scartato se la durata del mega-frame cambia nell'ambito dei tre mega-frame considerati.

**Nota:** La durata del mega-frame cambia, ad esempio, quando cambia la modalità trasmissiva del DVB-T. Questo evento usualmente comporta una risincronizzazione.

**Nota:** Il diagramma riportato in Figura 2-8 illustra le relazioni temporali tra mega-frame e gli impulsi GPS a distanza di 1s. Con ciò si comprende come viene calcolato il valore dell'STS.

Si consideri  $STS_{M+1}$  e  $STS_{M+2}$ . In tal caso è chiaro che

$$STS_{M+2} - STS_{M+1} = \text{durata di un mega-frame.}$$

Nel caso di  $STS_M$  e  $STS_{M+1}$ , l'impulso GPS a 1s è passato e l'equazione equivalente è:

$$(STS_{M+1} + 1) - STS_M = \text{durata di un mega-frame}$$

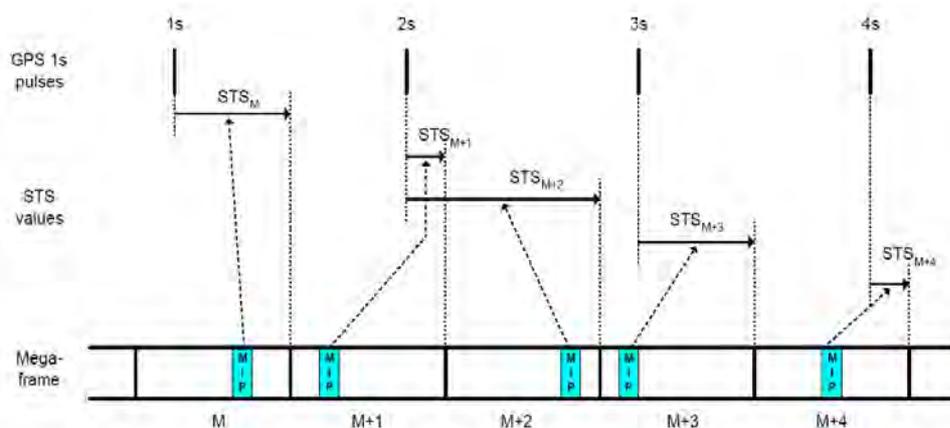


Figura 2-8: Relazione temporale tra i Megaframe e gli impulsi GPS.

### 2.6.3.2 MIP\_structure\_error

**Scopo:** Questo test verifica che la sintassi del MIP sia conforme alla specifica [18].

**Interfaccia:** A, Z.

**Metodo:** Per ogni pacchetto del TS con PID 0x15 sono effettuati i seguenti controlli:

- Il transport\_packet\_header sia conforme a [18], sezione 6, tabella 1, ed a [1], sezione 2.4.3.2, tabelle 2 e 3.
- Tutte le lunghezze dei campi siano consistenti per fornire l'opportuna lunghezza del pacchetto. Questo comprende:
  - section\_length (che inoltre non deve eccedere 182),
  - individual\_addressing\_length (che deve corrispondere alla lunghezza dei loop per ogni trasmettitore),
  - function\_loop\_length (che deve corrispondere alla somma delle dimensioni di tutte le funzioni),
  - function\_length (che deve corrispondere alla corretta dimensione della funzione basata sul function tag).
- Il synchronization\_time\_stamp e il maximum\_delay devono essere compresi nell'intervallo da 0x0 a 0x98967F.
- Il campo CRC\_32 deve corrispondere al CRC calcolato per i dati del MIP.

### 2.6.3.3 MIP\_presence\_error

**Scopo:** Questo test verifica che il MIP sia inserito nel TS solo una volta per megaframe.

**Interfacce:** A,Z.

**Metodo:** Sono effettuati i seguenti controlli:

Extra MIP – Per ogni MIP<sub>N</sub> (con N>1), si segnala errore se il pacchetto MIP è ricevuto nell'ambito del numero di pacchetti indicato dal campo pointer del MIP<sub>N-1</sub>.

Missing MIP – Per ogni MIP ricevuto, si calcola la dimensione del megaframe a partire dai parametri nel campo tps\_mip. I due ultimi valori della dimensione dei megaframe vengono memorizzati.

Dopo la ricezione di ogni MIP<sub>N</sub> (con N>1), si segnala errore se un pacchetto MIP<sub>N+1</sub> non è ricevuto prima che K+R pacchetti siano ricevuti dopo il MIP<sub>N</sub>, in cui K è il valore del pointer in MIP<sub>N</sub> ed R è la dimensione del megaframe, in pacchetti, ricavata dal precedente MIP<sub>N-1</sub>.

### 2.6.3.4 MIP\_pointer\_error

**Scopo:** Il MIP può essere inserito in qualsiasi punto del megaframe. Se l'inserzione avviene periodicamente come definito nel MIP, la locazione rimane costante al variare dei megaframe. Il MIP può essere utilizzato per determinare la dimensione del megaframe e i punti iniziale e finale di ciascun megaframe nel TS grazie al campo pointer verificato in questo test.

**Interfacce:** A, Z.

**Metodo:** per ogni MIP ricevuto si calcola la dimensione del megaframe a partire dai parametri contenuti nel campo tps\_mip. Gli ultimi tre valori della dimensione del megaframe sono memorizzati. Per ogni MIP<sub>N</sub> ricevuto (con N>2) si segnala errore se valore del campo pointer (P<sub>N</sub>) di MIP<sub>N</sub> non risulta coerente con la seguente espressione:

$$P_N = P_{N-1} + MF_{N-2} - (i_N - i_{N-1})$$

In cui MF<sub>N-2</sub> è la dimensione del N-esimo megaframe, in pacchetti, ma calcolata a partire da MIP<sub>N-2</sub> e i<sub>N</sub> è l'indice del pacchetto per MIP<sub>N</sub>.

### 2.6.3.5 MIP\_periodicity\_error

**Scopo:** Nel caso di inserzione periodica del MIP (come definito in [18], sezioni 5 e 6), il valore del campo pointer rimarrà costante, così come il numero di pacchetti tra due MIP consecutivi.

**Interfacce:** A,Z.

**Metodo:** Sono effettuati i seguenti controlli:

Si confronta il valore del campo pointer corrente nel MIP<sub>N</sub> con quello nel MIP<sub>N-1</sub>. Si segnala errore se i due valori sono differenti, a meno che la dimensione del megaframe cambi tra N e N-1. Anche il numero di pacchetti tra due MIP consecutivi (i<sub>N</sub> - i<sub>N-1</sub>) deve essere costante a meno di cambiamento della dimensione del megaframe.

### 2.6.3.6 MIP\_ts\_rate\_error

**Scopo:** Nel caso di reti SFN i settaggi del modulatore sono trasmessi nel campo tps\_mip (in [18] sezione 6, tabella 3). Questi settaggi determinano la modalità trasmissiva e in tal modo il bitrate del TS. Questo test verifica che l'attuale bitrate del TS sia consistente con la modalità DVB-T descritta nel tps\_mip.

**Interfaccia:** A, Z.

**Metodo:** Per ciascun MIP ricevuto, si calcola il data rate della modalità trasmissiva fornita dal tps\_mip e si confronta con il data rate corrente del TS. Si segnala errore se la seguente equazione risulta verificata:

$$\text{Max\_deviation} \leq | \text{TS\_data\_rate} - [(\text{IFFT\_clock\_freq} \times \text{tpl} / 204 \times c \times m \times (\text{uc}/\text{tc})) / (1 + g)] |$$

Nella quale:

- Max\_deviation e.g. 10 kb/s; massima deviazione tra il TS\_data\_rate corrente e il data rate della modalità trasmissiva fornita da tps\_mip.
  - Il valore risulta dalla più piccola differenza dei TS data rates che può essere determinata dai settaggi in due tps\_mip per differenti modalità trasmissive.
- TS\_data\_rate il data rate corrente del Transport Stream
  - Misurato da opportuno strumento come descritto in § 2.8.7.2.
- IFFT\_clock\_freq 64/7 MHz (per canali di 8 MHz), 64/8 MHz (per canali di 7 MHz), 48/7 MHz (per canali di 6 MHz)
  - Fornito nel tps\_mip, P12 e P13
- tpl: lunghezza di un pacchetto TS, 188 o 204 byte
- c: coderate 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 o 7/8
  - Fornito nel tps\_mip, P5, P6 e P7
- m: 2 (per QPSK), 4 (per 16 QAM) or 6 (per 64 QAM)
  - Fornito nel tps\_mip, P0 e P1
- uc: useful\_carriers 1512 (per 2k), 6 048 (per 8k)
  - Fornito nel tps\_mip, P10, P11 (vedi nota)
- tc: total\_carriers 2048 (per 2k), 8 192 (per 8k)
  - Fornito nel tps\_mip P10, P11 (vedi nota)
- g: guard interval 1/4, 1/8, 1/16 o 1/32
  - Fornito nel tps\_mip, P8, P9

Nota: Il termine (uc/tc) può essere sostituito da un valore costante dato che  $uc_{2k}/tc_{2k} = uc_{8k}/tc_{8k}$ .

## 2.7 Tasso d'errore

### 2.7.1 BER before Viterbi (inner) decoder (ETSI TR 101 290 § 9.15)

**Scopo:** Tale misura fornisce un'indicazione delle prestazioni della catena trasmettitore – canale di trasmissione – ricevitore, in condizioni operative ed al netto dei sistemi FEC (forward error correction) impiegati nel DVB-T.

**Interfaccia:** V.

**Metodo:** Il segnale all'uscita del decodificatore Viterbi, nell'apparato di test, viene nuovamente codificato con lo stesso codice convoluzionale utilizzato dal trasmettitore per ottenere una stima dello stream codificato originale.

Lo stream così ottenuto è confrontato bit a bit con quello disponibile prima del decodificatore Viterbi. Lo schema di misura è riportato in figura.

La misura dovrebbe basarsi su almeno alcune centinaia di bit soggetti ad errore.

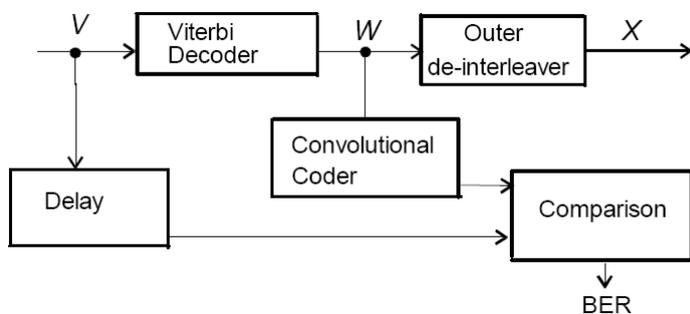


Figure 9-4: Misura del BER prima della decodifica di Viterbi

### 2.7.2 BER after Viterbi (before RS outer decoder) (ETSI TR 101 290 § 9.16)

**Scopo:** Il “BER after Viterbi” è il parametro principale per descrivere la qualità della catena trasmettitore – canale di trasmissione – ricevitore, in condizioni operative ed al lordo del primo sistema FEC (inner decoder).

Normalmente si assume che se questo parametro risulta inferiore a  $10^{-3}$ , il successivo sistema FEC (outer decoder) restituirà un segnale digitale “Quasi error free”.

**Interfacce:** W o X.

**Metodo:** Il BER è definito come il rapporto tra il numero di bit soggetti ad errore dopo decodifica Viterbi (inner decoder) e il numero totale dei bit trasmessi.

Per la misura sono possibili due metodi alternativi, per utilizzi differenti, “Out of Service” e “In Service”. In entrambi i casi le misure dovrebbero essere effettuate solamente nel cosiddetto Link Available Time (LAT), così come definito in §2.9.3.

#### 2.7.2.1 Out of Service

Il principio di base di tale metodologia di misura è quello di generare nel codificatore di canale una prefissata sequenza periodica di bit, essenzialmente di natura pseudo casuale.

A tal fine, come sequenza d'ingresso si opera la ripetizione continua di un pacchetto TS prefissato. Si utilizza il cosiddetto “null TS packet” definito in ISO/IEC 13818-1 [9], cioè un pacchetto del TS avente tutti i byte di dati di valore 0x00 (il pacchetto fisso è definito come una sequenza di quattro byte 0x47, 0x1F, 0xFF, 0x10 seguita da 184 byte 0x00).

Questa modalità dovrebbe essere disponibile come opzione del sistema di codifica.

*L'alternativa, apparentemente ovvia, di iniettare una sequenza pseudo casuale nel trasmettitore all'uscita del codificatore RS non è utilizzata per la necessità di inserire i relativi sync-byte che garantiscano il corretto funzionamento del byte interleaver. L'inserimento dopo il byte interleaver non è*

*appropriato in quanto non permette di ottenere risultati direttamente confrontabili con quelli ottenuti con il metodo “In Service”.*

### 2.7.2.2 In Service

L'assunto di base di tale metodologia di misura è che i check byte del codice RS siano calcolati per ogni link nella catena trasmissiva.

In condizioni operative normali il decodificatore RS è in grado di correggere tutti gli errori e di produrre pacchetti TS privi di errori.

Nel caso invece di burst di errori significativi, il decodificatore RS può non essere in grado di correggere tutti gli errori. In tal caso il bit `transport_error_indicator` deve essere posto a 1, nessun altro bit del pacchetto deve essere modificato e i check byte del codice RS devono essere ricalcolati prima di trasmettere il pacchetto su un altro link.

In queste condizioni, il BER misurato in qualunque punto della catena trasmissiva è il BER relativo a quel particolare link.

Il metodo di misura prevede che il numero di bit errati in un pacchetto sia stimato confrontando le configurazioni di bit prima e dopo la decodifica RS.

Nella misura “In Service”, se il valore misurato di BER supera  $10^{-3}$  la misura deve essere ritenuta inaffidabile a causa delle limitazioni dell'algoritmo di decodifica RS.

Ogni pacchetto che il decoder RS non è in grado di correggere determina quindi l'aggiornamento del calcolo.

### 2.7.3 BER after RS (outer) decoder (Bit error count) (ETSI TR 101 290 § 9.17)

**Scopo:** Il cosiddetto “Bit error count” viene usato per individuare le configurazioni di errore non corrette dai sistemi FEC e la loro occorrenza. Questi sono gli “eventi di errore” che, non potendo essere corretti, vengono percepite dall'utente e portano a compromettere le condizioni di System Availability e Link Availability che verranno definite nel § 2.9.

**Interfaccia:** Z.

**Metodo:** Lo stesso principio utilizzato per le misure “Out of Service” del BER prima del decoder RS, descritto in §2.7.2.1 con l'unica differenza che il risultato della misura è presentato in forma di numero di errori invece che di frazione.

Pertanto il ricevitore deve confrontare i pacchetti TS ricevuti con i pacchetti nulli come definiti in ISO/IEC 13818-1 [9].

Il metodo è applicabile nei casi in cui il BER prima del decodificatore RS sia inferiore a  $10^{-3}$ .

Questa misura può essere utilizzata come parametro per la stima della qualità del link trasmissivo così come definita dall'operatore, o per la localizzazione di problemi specifici.

## 2.8 Verifiche sulla Sintassi del Transport Stream MPEG-2 (ETSI TR 101 290 § 5)

Le piattaforme di diffusione DVB (terrestre, satellitare, cavo, IP, ecc.), veicolano le informazioni quasi sempre assemblate attraverso un multiplex. Il formato dei dati all'uscita del multiplex è definito dallo standard MPEG-2 Transport Stream [... ..].

Il multiplex assembla dati e programmi audio/video per applicazioni di trasmissione su canali di comunicazione soggetti ad errore e con capacità (bitrate) fissa. Stante che la codifica di sorgente (MPEG-2 o MPEG-4) di un programma audio/video produce un flusso a BitRate variabile, se si intende mantenere costante la qualità, è opportuno che il multiplex sia di tipo statistico e preveda l'intervento sulle singole codifiche di sorgente per evitare overflow sul canale di uscita a capacità fissa.

Per verifiche sulla sintassi o sulla struttura del TS è necessario accedervi e verificare il contenuto dei campi dati.

Il TS è accessibile quasi ovunque lungo la catena di trasmissione. L'accesso più diretto si ha sul lato trasmissione, all'ingresso, prima della codifica di canale (punto A). Tuttavia, anche quando il segnale è disponibile in forma modulata, l'accesso al TS è possibile attraverso un opportuno demodulatore, all'uscita del quale si possono effettuare le verifiche sintattiche o di struttura.

### 2.8.1 Sintassi e struttura dell'MPEG-2 Transport Stream

In un sistema DVB, i programmi televisivi, usualmente sono strutturati all'origine come TS che contengono un singolo programma Single Program Transport Stream (SPTS). Successivamente sono assemblati in multi-program transport streams (MPTS) per costituire i flussi di per la trasmissione su canali ad alta capacità (segnatamente i canali a RF destinati alla diffusione televisiva).

Nella multiplazione dei flussi audio/video prodotti dai codificatori di sorgente, è necessario prevedere di fornire ai decoder d'utente anche una sintassi di codifica sia per sincronizzare la decodifica e la presentazione Audio/Video, sia per evitare problemi sul riempimento del buffer di ricezione.

Nel seguito viene brevemente descritta questa sintassi, con riferimento alla Figura 2-9 che illustra i campi che compongono l'header di ciascun pacchetto TS ed evidenzia, nei campi medesimi i possibili indicatori sul contenuto dei quali è possibile effettuare controlli per la verifica della correttezza della sintassi.

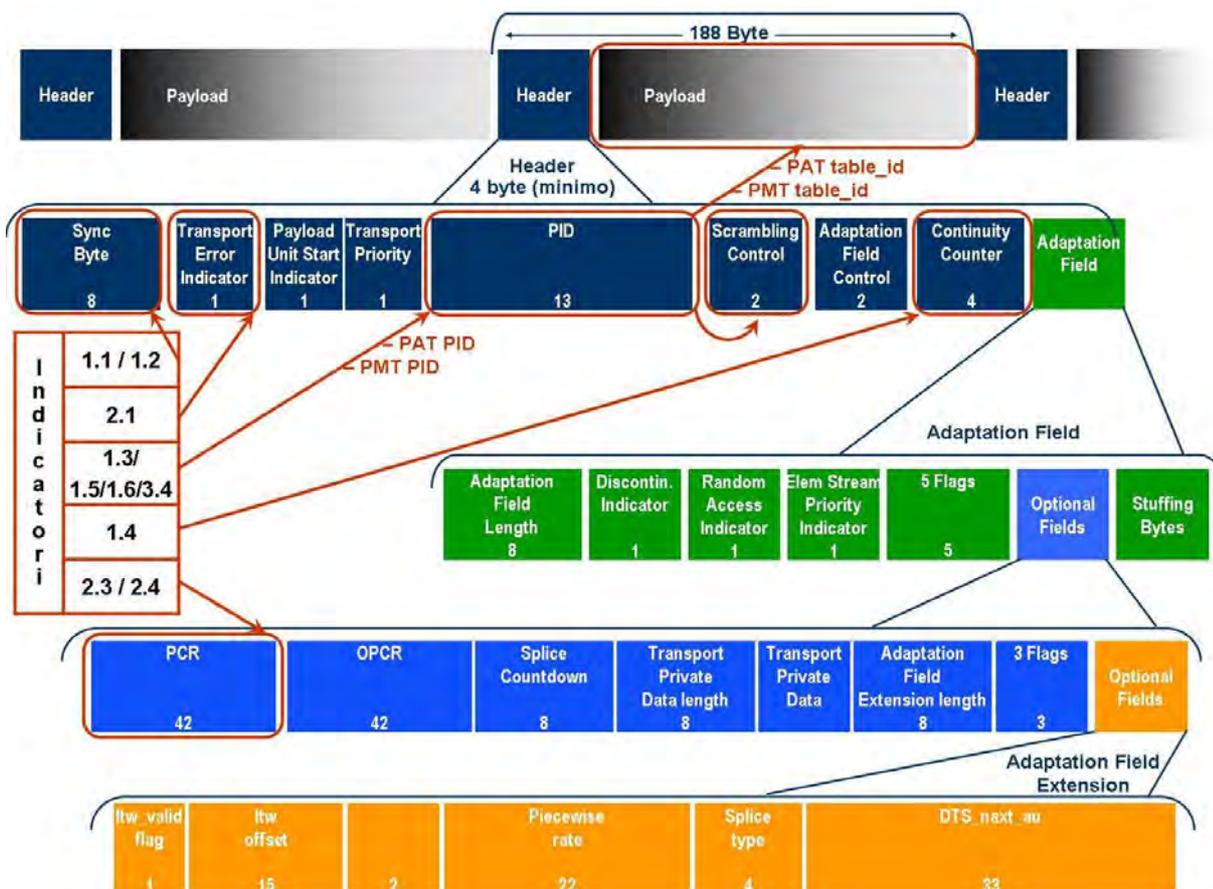


Figura 2-9: Struttura del TS ed indicatori per la verifica della sintassi

Il formato di uscita del multiplex, Transport Stream (TS) è una sequenza continua di bit formata da pacchetti di 188 byte ciascuno dei quali contenente un campo header ed un campo dati. L'header è composto di almeno 4-byte e, di conseguenza, il massimo di dati trasportati (nel payload) è pari a 184-byte.

Informazioni basilari presenti nell'header di lunghezza minima dei pacchetti TS sono, oltre al Sync Byte che serve al ricevitore come riferimento dell'allineamento sul TS, il Packet Identification (PID) che identifica a quale contenuto informativo o programma vada attribuito il payload del pacchetto ed il Program Clock Reference (PCR), che contiene l'informazione di temporizzazione relativa ad un programma televisivo. Il PCR è contenuto tra i campi opzionali del campo "adaptation" di alcuni pacchetti TS. Della temporizzazione del sistema e dei PCR si parlerà nel seguito.

Ogni pacchetto TS ha un PID che è utilizzato per identificare i diversi elementary stream che sono generalmente contenuti in un TS.

I valori assunti dal PID sono rappresentati con 13 bit (tra 0 e 8191). I valori 0, 1, e 8191 sono riservati dallo standard per impieghi che verranno descritti in seguito, gli altri sono liberamente definibili per identificare i contenuti nel payload del pacchetto.

Ogni programma è composto dall'assemblaggio di vari contenuti elementari (audio, video, dati) ciascuno identificato dal proprio PID. Il programma è contrassegnato da un "Program Number" (16 bit "user defined"). L'identificazione del programma avviene quindi attraverso il "Transport Stream id" che identifica il multiplex ed il "Program Number" che identifica il singolo programma nel multiplex.

Gli altri campi principali dell' header dei pacchetti sono:

- continuity\_counter: un campo di 4 bit che conta modulo 4 su base "per-pid" utilizzato per determinare i pacchetti persi o da ritrasmettere. Discontinuità sono permesse solo in situazioni particolari.
- discontinuity\_indicator: può segnalare sia una discontinuità della base dei tempi sia una discontinuità del continuity counter.

- **random\_access\_indicator:**  
segnala che il prossimo pacchetto PES (Packetized Elementary Stream) in questo (PID) stream conterrà un video sequence header o il primo byte di un frame audio.
- **splice\_countdown:**  
un campo a 8 bit che specifica il numero di pacchetti, con lo stesso valore PID, prima di uno splice point. Quindi uno splice point è raggiunto quando questo campo assume il valore 0. Questo pacchetto contiene l'ultimo byte di un quadro codificato o di un frame audio. Il successivo pacchetto TS con lo stesso PID deve contenere l'inizio di un nuovo pacchetto PES e questo inizierà con un video sequence header o l'inizio di un frame audio.

Definizioni:

- **component (Elementary Stream):** una o più entità (es. audio, video, teletext) che insieme costituiscono un event
- **event:** un gruppo di component (Elementary Stream) con un tempo definito di inizio e di fine appartenete ad uno stesso servizio (una parte di un evento sportivo, show, ecc)
- **programme:** una concatenazione di uno o più event sotto il controllo di un unico broadcaster (evento sportivo, show, ecc)
- **service:** una sequenza di programme sotto il controllo di un unico broadcaster
- **bouquet:** una collezione di service marcate come una singola entità

### 2.8.2 Informazioni sui programmi e sui servizi

Un TS può contenere un numero elevato di programmi ed ogni programma può contenere un numero elevato di ES. Conseguentemente è necessario che un sistema tenga traccia di tutti gli stream di dati e dei relativi PID. Ciò è realizzato da due meccanismi di mappatura denominati PSI (Program Specific Information) ed SI (Service Information).

### 2.8.3 PSI: l'identificazione di programme e servizi

Descrizione delle PSI (con riferimento alla Figura 2-10):

- **Program Association Table (PAT)**  
La PAT è una tavola di mappatura contenuta nei payload dei pacchetti contraddistinti dal PID 0. Serve ad identificare i valori PID delle tavole PMT che definiscono ciascun programma (vedi definizione nel seguito). Ogni TS deve contenere una PAT ripetuta ciclicamente.
- **Program Map Table (PMT)**  
La PMT è una tavola di mappatura contenuta nei payload dei pacchetti contraddistinti dai PID specificati nella PAT. Esiste una PMT per ogni programma nel TS. La PMT specifica i valori di PID per ogni stream elementare (audio, video, dati) associato al programma a cui la PMT medesima si riferisce.
- **Conditional Access Table (CAT)**  
La CAT è una tavola contenuta nel payload del pacchetto e contraddistinta dal PID sempre uguale ad 1. Contiene informazioni relative al sistema di scrambling.
- **Network Information Table (NIT)**  
La NIT è una tavola contenuta nel payload dei pacchetti con PID specificato nella PAT (programma 0). MPEG-2 non specifica un prefissato PID per la NIT tuttavia particolari sistemi di trasmissione possono specificarlo. L'identificazione della NIT avviene attraverso i numeri dei programmi segnalati dalla PAT. I programmi sono numerati in ordine sequenziale. Il programma 0 corrisponde sempre alla NIT.
- **Null Packets**  
Il PID 8191 è relativo ai pacchetti nulli.

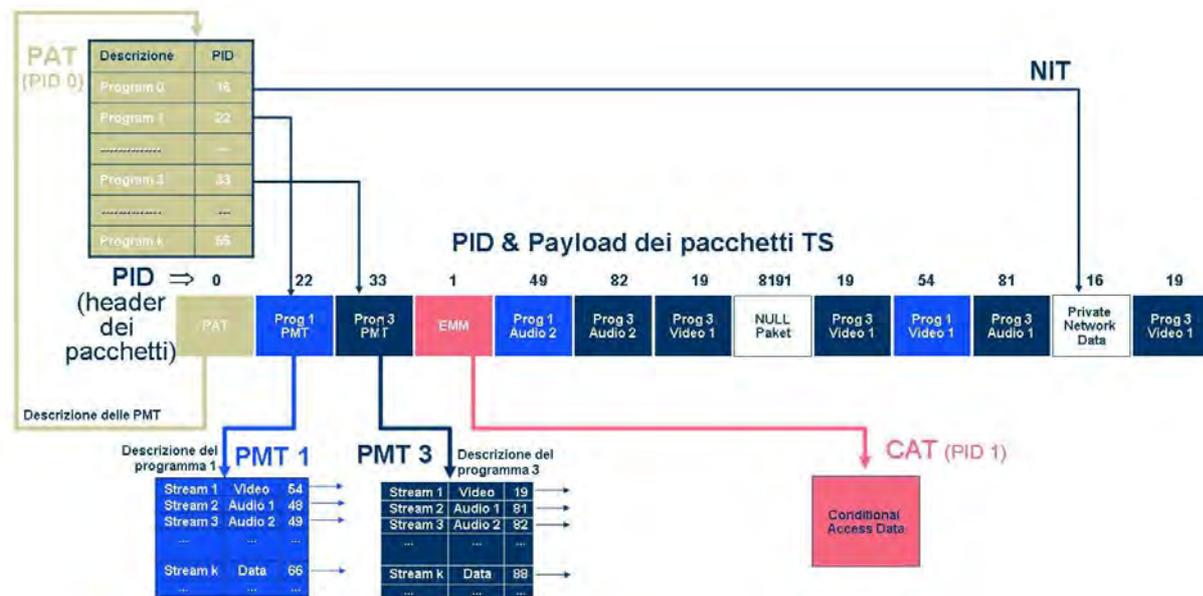


Figura 2-10: Struttura delle PSI

L'impiego di base delle PSI prevede che dapprima (sfruttando il PID 0) la PAT venga estratta dal TS. Dalle informazioni della PAT si identificano i PID delle PMT, nonché il PID del programma 0 (ovvero della NIT).

Sulla base dell'informazione contenuta nella PAT, le PMT sono estratte dal TS e forniscono la descrizione dei diversi PID associati a ciascun programma.

Indipendentemente dalle informazioni della PAT si identificano la CAT (PID 1) (EMM = entitlement management message; EMC = entitlement control message) ed i pacchetti nulli (PID 8191).

La PAT illustrata in Figura 2-10 indica che i PID 22 e 33 identificano i pacchetti contenenti le PMT relative ai programmi 1 e 2.

Nella PMT 1 il PID 48 è lo stream 2 (audio 1) del programma 1, il PID 82 è lo stream 3 (audio 2) del programma 2, ecc..

#### 2.8.4 SI: la navigazione nel multiplex

Il secondo meccanismo di mappatura delle informazioni, previsto dalla sintassi dell'MPEG-2 TS è il cosiddetto "Service Information system" le cui unità dati "DVB Service Information" (SI) complementano le informazioni contenute nelle PSI.

Le informazioni delle SI vengono usate dal decoder d'utente (e dall'utente medesimo) per navigare attraverso i vari servizi veicolati dal multiplex.

In particolare, mentre le informazioni essenziali per consentire all'IRD (Integrated Receiver Decoder) d'utente di configurarsi automaticamente sono contenute nelle PSI, le SI vengono usate dal medesimo IRD per sintonizzarsi su un determinato servizio e per raggruppare logicamente i servizi in categorie, ciascuna corredata di appropriate informazioni.

Ad esempio le SI contengono le informazioni necessari per realizzare una "Electronic Program Guide" (EPG) di base che offre all'utente le informazioni per navigare (sintonizzarsi automaticamente) nei vari servizi offerti. Sono possibili EPG più elaborate, sia dal punto di vista grafico sia per le informazioni offerte; queste vengono però realizzate con appositi linguaggi (es. MHP) e le relative informazioni vengono trasmesse come pacchetti di "data services"

Le SI descrivono gli attributi tecnici di ciascuno dei servizi offerti, vengono fornite anche informazioni quali l'ora di inizio, il nome del "service provider", la classificazione dell'evento (sports, news, etc.).

Le SI sono basate su quattro tavole principali e su alcune altre opzionali. Ogni tavola contiene i relativi descrittori del servizio/evento. Le quattro tavole principali sono:

- NIT: Network Information Table (in realtà si tratta di una PSI) La tavola NIT raggruppa i servizi appartenenti ad un particolare network provider. Contiene dati per la sintonia che possono essere usati durante il set-up di un IRD. E' altresì utilizzata per segnalare modifiche nelle informazioni di sintonia..

- SDT: Service Description Table  
 elenca i nomi e altri parametri associati a ciascun servizio in un particolare multiplex MPEG-2.
- EIT: Event Information Table  
 è utilizzata per trasmettere informazioni relative a tutti gli eventi che occorrono o che occorreranno nel multiplex MPEG-2. L'EIT contiene informazioni sul TS corrente e opzionalmente anche sugli altri TS che l'IRD è in grado di ricevere.
- TDT: Time and Date Table  
 è utilizzata per aggiornare il clock interno all'IRD.

Le altre tavole SI (ozionali) sono:

- BAT: Bouquet Association Table fornisce le informazioni sui "bouquet" cioè su quali servizi ne fanno parte.. Un particolare servizio può appartenere a uno o più "bouquet".
- RST: Le sezioni della tavola Running Status Table sono utilizzate per aggiornare rapidamente lo stato corrente di uno o più eventi. Le sezioni della Running Status sono inviate solo una volta, nell'istante in cui lo stato di un evento cambia, a differenza delle altre tavole SI che sono normalmente trasmesse periodicamente.
- ST Stuffing Tables possono essere utilizzate per sostituire o invalidare rapidamente sezioni di tavole o tavole SI complete.

L'identificazione delle tavole SI avviene secondo la corrispondenza con i PID dei pacchetti definita in [14] e riportata in Tabella 2-5.

Tavola PSI/SI	PID
PAT	0x0000
CAT	0x0001
TSDT	0x0002
reserved	0x0003 to 0x000F
NIT, ST	0x0010
SDT, BAT, ST	0x0011
EIT, ST	0x0012
RST, ST	0x0013
TDT, TOT, ST	0x0014
network synchronization	0x0015
reserved for future use	0x0016 to 0x001B
inband signalling	0x001C
measurement	0x001D
DIT	0x001E
SIT	0x001F

Tabella 2-5: Valori dei PID delle tavole PSI/SI

### 2.8.5 Temporizzazione

Nel Transport Stream la temporizzazione è definita per ciascun programma, la corretta temporizzazione risulta estremamente importante per la decodifica e la visualizzazione ed è richiesto un rapido aggancio del ricevitore per effettuare agevolmente operazioni di "channel surfing".

L'informazione di temporizzazione deve essere trasferita al multiplex che genera il TS insieme agli Elementary Stream (audio, video, ecc.) di ciascun programma.

Una volta multiplati i programmi in un TS, la base dei tempi di un programma è definita dal PCR (Program Clock Reference) che viene trasmesso nell'omonimo campo di una parte dei pacchetti del TS.

In caso di Elementary Stream multipli si rende necessaria una base dei tempi per la sincronizzazione di ciascun stream elementare (video e voce, stereo multicanale, picture in a picture, animazione e video, testo e video,...).

In un multi-program transport stream, i differenti programmi possono far riferimento ad un unico PCR o a PCR differenti. Come esempio di PCR unico si citano i programmi con audio multilingua in cui

differenti programmi fanno riferimento agli stessi PCR\_PID e Video\_PID ma sono caratterizzati da Audio\_PID differenti.

In un decoder MPEG-2, l'informazione di temporizzazione costituita da frazioni del clock di sistema che è definito a 27 MHz.

La ricostruzione locale dell'orologio a 27 MHz è compito del decoder. In ogni programma uno degli stream elementari è scelto come master per la generazione dell'orologio, gli altri sono slave.

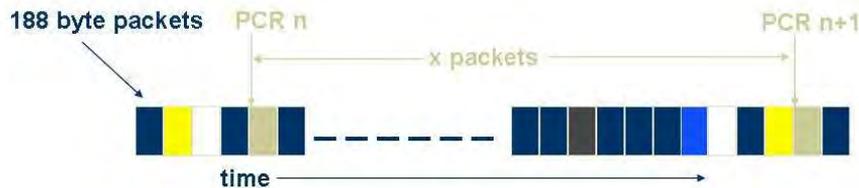


Figura 2-11: Struttura dei PCR

In ricezione, l'orologio di programma è ricostruito nel demultiplexer; quando si presenta una discontinuità nel PCR dovuta ad un cambio di programma è necessario un adattamento del circuito PLL. Ogni PCR ricevuto è quindi utilizzato per un reset dell'orologio di programma, quando il discontinuity\_indicator assume il valore '1' altrimenti per correggere il medesimo orologio. La correzione è facilmente realizzata da un circuito Phase Lock Loop (PLL).

Il PCR contiene informazione di temporizzazione che è utilizzata per sincronizzare gli orologi a 27 MHz nel codificatore e decodificatore. L'header minimo di 4 bytes dei pacchetti TS, risulta notevolmente più lungo quando è presente il PCR.

Il Program Clock Reference (PCR) è costituito da 42 bit e può essere inserito solo negli header dei pacchetti.

Il numero limitato di PCR, congiuntamente al particolare data rate del Transport Stream, può essere causa di errori nell'informazione di sincronizzazione. Questo costituisce un problema non trascurabile ai bassi bit rate in cui le locazioni disponibili per il PCR sono temporalmente più diradate.

- La specifica MPEG-2 definisce il massimo errore tollerabile + 500ns a causa della locazione degli header dei pacchetti in un TS a basso bitrate
- A bassi bitrate, l'identificazione è meno accurata
- Il massimo errore teorico è metà di un ciclo di orologio a 27 MHz, 19 ns
- Il segnale di sincronizzazione viene trasmesso al più 10 volte al secondo (meno di un quinto del consueto sincronismo verticale).

La Figura 2-12 illustra il metodo base di ricostruzione del segnale orologio. Un PCR ricevuto è utilizzato per inizializzare l'orologio locale. I PCR generati localmente sono confrontati con quelli ricevuti al fine di correggere (rallentare o accelerare) l'oscillatore VCO (voltage controlled oscillator) a 27 MHz.

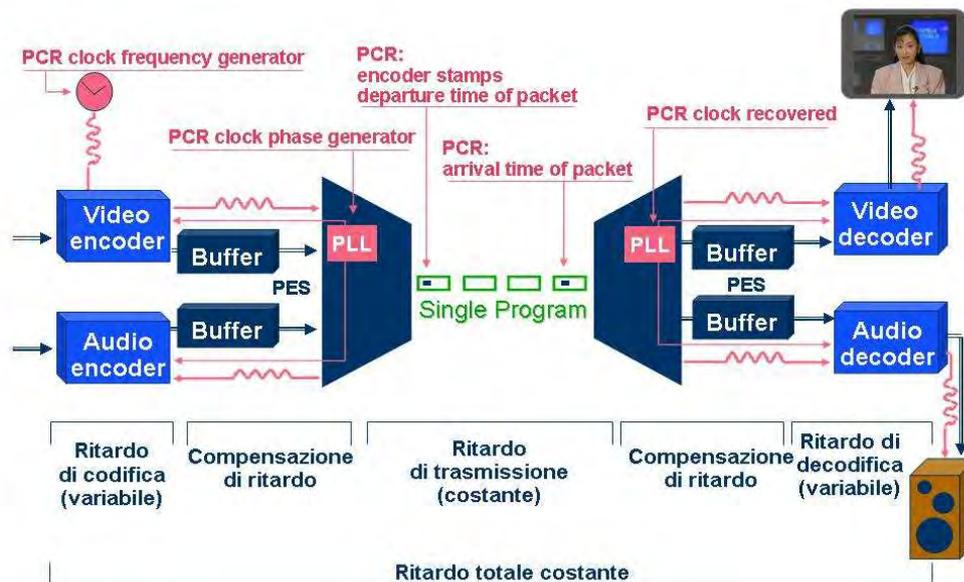


Figura 2-12: Generazione ed utilizzo dei PCR

Il calcolo del conteggio temporale (CLOCK) per marcare i PCR, si effettua come segue:

Numero di pacchetti che separa due PCR omologhi (appartenenti allo stesso program x numerodi bit di ciascun pacchetto (188 x 8) / il Data rate del Transport Stream in oggetto ottenendo il tempo tra i due PCR.

Dividendo questo valore per il periodo del clock di sistema definito a 27 MHz, si ottiene il valore del CLOCK la cui approssimazione costituisce il PCR.

Sono assunte due ipotesi di ritardo entrambe di valore costante :

- il ritardo totale attraverso l'intero sistema (dall'acquisizione di un frame al sua visualizzazione)
- il ritardo di trasmissione.

Nella Tabella 2-6 è illustrato il caso di un programma il cui Transport Stream viene trasmesso a due data rate differenti. Il numero limitato di PCR, congiuntamente al particolare data rate del TS, può essere causa di errori nell'informazione di sincronizzazione. Questo costituisce un problema non trascurabile ai bassi bit rate in cui le locazioni disponibili per il PCR sono temporalmente più diradate.

TS Data rate	x packets number	Time Between PCRs	CLOCK	PCRn	PCRn+1	Error
1.0 Mb/s	260	391 ms	10.558.080	0	10.558.080	0
1.1 Mb/s	260	355 ms	9.598.254.5	0	9.598.254	19 ns

Tabella 2-6: Esempio di PCR a differenti Data Rate

### 2.8.6 I parametri del TS oggetto di misura (ETSI TR 101 290 § 5.2)

Le linee guida in oggetto [23] raccomandano un insieme di test per la verifica della sintassi e della consistenza delle informazioni contenute in un TS MPEG-2. È previsto operare su un'interfaccia parallela o sull'interfaccia seriale definita in [17].

La definizione di tale insieme di test è stata condotta sulla base delle seguenti assunzioni:

- i test sono principalmente rivolti ad un monitoraggio continuo o periodico dei TS MPEG-2 in un ambiente operativo;
- tali test sono generalmente concepiti per verificare l'integrità di un TS alla sorgente, tuttavia nel § 2.8.7 sono affrontati anche aspetti riguardanti errori che si generano durante il trasporto dei TS in rete.

- Lo scopo generale dei test è quello di fornire un "health check" degli elementi più importanti del TS. La lista dei test non è quindi esaustiva;
- I test sono conformi con i test di conformità MPEG-2 definiti in [11], con le specifiche delle "Service Information" [14] e [15], ma non li sostituiscono;

Valori riservati da MPEG-2 e DVB nel TS non determinano segnalazioni d'errore.

Generalmente i test sono effettuati sulle informazioni di header dei pacchetti del TS così che essi rimangono validi anche nel caso di uso di algoritmi di conditional access, tuttavia un numero limitato di test è applicabile solo a flussi non criptati oppure già decriptati.

I test sono indipendenti dall'implementazione del decoder e garantiscono quindi la consistenza dei risultati. I vincoli del modello di riferimento di MPEG-2 Transport Stream System Target Decoder (T-STD) come definito in [1] (MPEG-2 Systems), devono essere soddisfatti come specificato in [11] (MPEG-2 Compliance).

Test off-line sono condotti in condizioni stabili, nessuna discontinuità o modifica dinamica può verificarsi durante un processo di test off-line.

In questa sezione vengono descritti i parametri raccomandati per il monitoraggio continuo o periodico del TS, altri parametri di misura delle prestazioni come il BER sono descritti in altre sezioni.

I test sono raggruppati in tre tabelle sulla base della loro importanza per il processo di monitoraggio.

- La prima tabella (cfr § 2.8.6.1) elenca un insieme di base di parametri del TS considerati necessari per la decodifica del TS medesimo.
- La seconda tabella cfr § 2.8.6.2) elenca parametri aggiuntivi raccomandati per un monitoraggio continuo.
- La terza tabella (cfr § 2.8.6.3) elenca un altro insieme di parametri di interesse per le applicazioni (programmi).

Le apparecchiature di test che effettuano la valutazione dei parametri del TS forniscono i risultati per mezzo degli indicatori descritti nella seconda colonna delle tabelle con le precondizioni descritte nella terza colonna delle tabelle.

Se lo strumento fornisce un indicatore, allora il TS è in errore. Tuttavia poiché gli indicatori non coprono l'intero range degli errori possibili, non si può concludere che non vi sia errore se non vengono forniti l'indicatori.

Ogni indicatore è attivato solo se almeno una delle pre-condizioni descritte è soddisfatta.

Se l'indicatore 1.1 (Perdita di sincronizzazione) è attivato allora sono invalidati tutti gli altri indicatori.

Nota: Nel caso di indicatori che richiedono un tasso di ripetizione minimo delle sezioni, si intende che ogni sezione che è presente nella tabella deve possedere il rate di ripetizione dichiarato.

### 2.8.6.1 Parametri del TS a priorità 1: necessari per la decodifica

N.	Indicatore (fornito dallo strumento di misura)	Precondizioni (affinchè si verifichi l'anomalia)	Riferimenti
1.1	TS_sync_loss	- Perdita di sincronizzazione con considerazione di parametri di isteresi	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.3.3 e annesso G.01
1.2	Sync_byte_error	- Sync_byte diverso da 0x47	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.3.3
1.3	PAT_error	- PID 0x0000 non ricorre almeno ogni 0,5 s - Un PID 0x0000 non contiene un table_id 0x00 (una PAT) - Scrambling_control_field diverso da 00 per PID 0x0000	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.4.3, 2.4.4.4
1.3.a (nota 1)	PAT_error_2	- Sezioni con table_id 0x00 non ricorrono almeno ogni 0,5 s nei PID 0x0000. - Sezione con table_id diverso da 0x00 sono presenti in	TR 101 154 [13] § 4.1.7 ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.4.3, 2.4.4.4

		PID 0x0000. - Scrambling_control_field diverso da 00 per PID 0x0000	
1.4	Continuity_count_error	- Ordine dei pacchetti non corretto - Un pacchetto ricorre più di due volte - Pacchetto perso	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.3.2, 2.4.3.3
1.5	PMT_error	- Sezioni con table_id 0x02, ( i. e. una PMT), non ricorrono almeno ogni 0,5 s nel PID riferito nella PAT - Scrambling_control_field non è 00 per tutti i PIDs contenenti sezioni con table_id 0x02 (i.e. una PMT)	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.4.3, 2.4.4.4, 2.4.4.8
1.5.a nota 2)	PMT_error_2	- Sezioni con table_id 0x02, (i.e. una PMT) non ricorrono almeno ogni 0,5 s in ciascun program_map_PID riferito nella PAT - Scrambling_control_field diverso da 00 per tutti i pacchetti contenenti informazioni di sezioni con table_id 0x02 (i.e. una PMT) in ciascun program_map_PID riferito nella PAT	TR 101 154 [13] § 4.1.7 (note 3) ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.4.3, 2.4.4.4, 2.4.4.8
1.6	PID_error	- Un PID definito non si presenta per un periodo di tempo specificato.	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.4.8
NOTA 1: Raccomandato per implementazioni future in sostituzione di 1.3. NOTA 2: Raccomandato per implementazioni future in sostituzione di 1.5; questo esclude specificatamente network_PIDs. NOTA 3: In TR 101 154 [13], si raccomanda che l'intervallo tra due sezioni non superi 100 ms. Per molte applicazioni può essere sufficiente verificare che l'intervallo non superi 0.5 s.			

Tabella 2-7: Parametri del TS a priorità 1

### TS\_sync\_loss

La funzione principale per l'estrazione di dati dal TS MPEG-2 è l'acquisizione dei simboli sync. La sincronizzazione effettiva del ricevitore dipende dal numero di sync byte corretti che il dispositivo ha necessità di acquisire per la sincronizzazione e dal numero di sync byte errati che il dispositivo non può sopportare.

In ISO/IEC 13818-1 [9] annesso G.01 si suggerisce che cinque sync byte corretti consecutivi dovrebbero essere sufficienti per la sincronizzazione e che due o più syn byte consecutivi corrotti determinino la perdita di sincronizzazione.

Raggiunta la sincronizzazione si possono valutare gli altri parametri.

### Sync\_byte\_error

L'indicatore "Sync\_byte\_error" è attivato se il valore corretto del sync byte (0x47) non si presenta dopo 188 o 204 byte. Ciò risulta fondamentale perché questa struttura è utilizzata dal codificatore e dal decodificatore di canale per la sincronizzazione. E' altresì importante che la correttezza del valore assunto da ogni sync byte sia verificata in quanto non necessariamente i codificatori effettuano tale verifica.

Apparentemente alcuni codificatori usano il segnale sync byte flag sull'interfaccia parallela per le funzioni "control randomizer re-seeding" e "byte inversion" senza verificare che il corrispondente byte sia un sync byte valido.

### PAT\_error

La Program Association Table (PAT), che è presente solo nei pacchetti con PID 0x0000, comunica al decoder quali programmi sono presenti nel TS e contiene i puntatori alle corrispondenti Program Map Tables (PMT) che a loro volta contengono i puntatori (PID) agli elementary stream che compongono ciascun programma (Figura 2-9).

Se la PAT viene perduta il decoder non è in grado di operare la decodifica di nessun programma. I pacchetti con PID 0x0000 contengono esclusivamente la PAT.

## PAT\_error\_2

L'indicatore in oggetto si riferisce ad errori che si possono verificare nel caso in cui la PAT sia costituita da più sezioni consecutive aventi lo stesso valore di table\_id 0x00.

## Continuity\_count\_error

Questo indicatore implica tre verifiche. Le precondizioni "Incorrect packet order" e "Lost packet" possono determinare problemi per IRD non equipaggiati con buffer aggiuntivi e opportuna intelligenza. L'apparato di test non necessita di distinguere tra queste due precondizioni dato che sono logicamente in OR anche con la terza precondizione. La precondizione "Lost packet" si riferisce a perdite di un intero pacchetto TS che si verifica principalmente nel trasferimento del TS su reti a pacchetto (ATM, IP).

La precondizione "a packet occurs more than twice" può essere sintomatico di un problema più basilare che il fornitore del servizio dovrebbe tenere sotto osservazione.

## PMT\_error

La Program Association Table (PAT) fornisce al decoder la lista dei programmi presenti nel TS ed i puntatori alle corrispondenti Program Map Tables (PMT). Ciascuna di queste contiene i puntatori agli elementary stream (in genere un video, uno o più audio, dati quali ad esempio il Teletext) che compongono il relativo programma. In assenza della PMT corrispondente il programma risulta non decodificabile.

## PID\_error

Si verifica che esista uno stream per ciascun valore di PID presente. Questo errore potrebbe presentarsi quando i TS sono multiplati, oppure quando sono demultiplati e nuovamente multiplati. L'intervallo temporale specificato non dovrebbe essere maggiore di 5s per PID video e audio (vedi Nota). A servizi dati e servizi audio con descrittore di linguaggio ISO 639 [19] con tipo maggiore di '0' il limite di 5s non si applica.

Nota: Per PID che trasferiscono altri tipi di informazione come i sottotitoli, servizi dati o servizi audio con descrittore di linguaggio ISO 639 [19] con tipo maggiore di '0', l'intervallo temporale intercorrente tra due pacchetti consecutivi con lo stesso PID può essere significativamente maggiore. In principio si potrebbe definire un intervallo temporale differente per ciascun PID.

### 2.8.6.2 Parametri del TS a priorità 2: raccomandati per monitoraggio continuo o periodico

N.	Indicatore (fornito dallo strumento di misura)	Precondizioni (affinchè si verifichi l'anomalia)	Riferimenti
2.1	Transport_error	— Transport_error_indicator nel TS-Header è posto a "1"	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.3.2, 2.4.3.3
2.2	CRC_error	— Errore CRC nelle tabelle CAT, PAT, PMT, NIT, EIT, BAT, SDT o TOT	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.4, annesso B EN 300 468 [14]: § 5.2
2.3	PCR_error (nota)	— Si verifica una discontinuità su valori del PCR maggiore di 100 ms senza indicazione specifica. — Intervallo temporale tra due valori di PCR consecutivi maggiore di 40 ms	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.3.4, 2.4.3.5 ISO/IEC 13818-4 [11]: § 9.11.3 TR 101 154 [13]: § 4.5.4
2.3a	PCR_repetition_error	— L'intervallo temporale tra due valori di PCR consecutivi maggiore di 40 ms	TR 101 154 [13]: § 4.1.5.3
2.3b	PCR_discontinuity_indicator_error	— La differenza tra due valori di PCR consecutivi (PCR <sub>i+1</sub> – PCR <sub>i</sub> ) è esterna all'intervallo 0..100 ms senza che il discontinuity_indicator sia settato	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.3.4, 2.4.3.5 ISO/IEC 13818-4 [11]: § 9.1.1.3
2.4	PCR_accuracy_error	— L'accuratezza del PCR del programma selezionata non è compresa in ±500 ns	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.2.2

2.5	PTS_error	– Il periodo di ripetizione del PTS maggiore di 700 ms	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.3.6, 2.4.3.7, 2.7.4
2.6	CAT_error	– Pacchetti con transport_scrambling_control diverso da 00 presenti, ma nessuna sezione con table_id = 0x01 (i.e. CAT) presente – Sezione con table_id diverso da 0x01 (i.e. non una CAT) presente nei pacchetti con PID 0x0001	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.4
NOTA: La vecchia versione del PCR_error (2.3) è una combinazione degli errori più specifici PCR_repetition_error (2.3.a) e PCR_discontinuity_indicator_error (2.3.b) per mezzo di una funzione logica OR. Tale versione è citata per consistenza con implementazioni esistenti di strumenti di misura. Le implementazioni più recenti dovrebbero prevedere esclusivamente gli indicatori 2.3.a e 2.3.b.			

Tabella 2-8: Parametri del TS a priorità 2

### Transport\_error

L'indicatore primario Transport\_error è di tipo booleano ma ci dovrebbe essere anche un contatore binario resettabile che conti il numero di pacchetti TS errati. Tale contatore è usato per valutazioni statistiche degli errori. Nel caso di presenza di errore, nessun'altra indicazione d'errore dovrebbe essere ricavata dal pacchetto errato.

Potrebbe essere significativo però fornire un maggiore dettaglio sui pacchetti errati fornendo, ad esempio, un contatore Transport\_error per ciascuno degli stream di un programma oppure inserendo il PID di ciascun pacchetto errato in un log degli eventi di Transport\_error. Tale analisi è considerata opzionale e non è tra quelle raccomandate dall'ETSI.

### CRC\_error

La verifica del CRC per le tabelle CAT, PAT, PMT, NIT, EIT, BAT, SDT e TOT indica se il contenuto della corrispondente tabella è corrotto. In tal caso nessun'altra indicazione d'errore dovrebbe essere ricavata dal contenuto della corrispondente tabella.

### PCR\_error

I PCR sono usati per rigenerare il clock di sistema locale a 27MHz. Se il PCR non viene ricevuto con sufficiente regolarità è possibile che soffra di fenomeni di jitter o di drift. Il ricevitore decodificatore può anche andare fuori temporizzazione. Nel DVB è raccomandato un periodo temporale non maggiore di 40 ms.

### PCR\_repetition\_error

L'indicazione d'errore che può risultare dalla verifica di questo periodo di ripetizione dovrebbe essere identificata come PCR\_repetition\_error nelle implementazioni più recenti degli strumenti di misura.

### PCR\_discontinuity\_indicator\_error

L'indicatore PCR\_discontinuity\_indicator\_error è settato nel caso in cui una discontinuità dei valori PCR si verifichi senza essere segnalata dall'indicatore di discontinuità. L'uso di questo indicatore è raccomandato dall'ETSI nelle implementazioni più recenti degli strumenti di misura

### PCR\_accuracy\_error

L'accuratezza di 500 ns si considera sufficiente per sintetizzare dal clock di sistema la sottoportante di colore.

Il test deve essere eseguito solamente su un TS a bitrate costante come definito in ISO/IEC 13818-1 [1] § 2.1.7.

Ulteriori informazioni su misure del jitter del PCR sono inserite in § 2.8.7.1 e nell'annesso I delle linee guida ETSI [23]

## PTS\_error

I Presentation Time Stamps (PTS) devono ricorrere almeno ogni 700 ms. Sono accessibili solo se il TS non è criptato.

## CAT\_error

La CAT è il puntatore che permette al ricevitore decodificatore di trovare gli EMM (Entitlement Management Message) associati al sistema di Conditional Access. Se il CAT non è presente il ricevitore non è in grado di ricevere i messaggi di gestione.

### 2.8.6.3 Parametri del TS a priorità 3: monitoraggio dipendente dall'applicazione

N.	Indicatore (fornito dallo strumento di misura)	Precondizioni (affinchè si verifichi l'anomalia)	Riferimenti
3.1	NIT_error (nota 2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sezione con table_id diverso da 0x40 o 0x41 o 0x72 (es. non una NIT o una ST) trovata nel PID 0x0010</li> <li>- Nessuna sezione con table_id 0x40 o 0x41 (es. una NIT) nel PID 0x0010 per più di 10 s</li> </ul>	EN 300 468 [14]: § 5.2.1 TR 101 211 [15]: § 4.1, 4.4
3.1.a	NIT_actual_error	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sezione con table_id diverso da 0x40 or 0x41 o 0x72 (es. non una NIT o una ST) trovata nel PID 0x0010</li> <li>- Nessuna sezione con table_id 0x40 (es. una NIT_actual) nel PID 0x0010 per più di 10 s.</li> <li>- Entro un tempo specificato (25 ms o inferiore), sul PID 0x0010, si presentano due sezioni con table_id = 0x40 (NIT_actual).</li> </ul>	EN 300 468 [14]: § 5.2.1, 5.1.4 TR 101 211 [15]: § 4.1, 4.4,
3.1.b	NIT_other_error	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intervallo tra sezioni con lo stesso section_number e table_id = 0x41 (NIT_other) nel PID 0x0010 maggiore di un valore specificato (10s o più).</li> </ul>	TR 101 211 [15] § 4.4.
3.2	SI_repetition_error	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rate di ripetizione delle tavole SI al di fuori dei limiti specificati.</li> </ul>	EN 300 468 [14]: § 5.1.4 TR 101 211 [15]: § 4.4
3.3	Buffer_error	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TB_buffering_error overflow del buffer di trasporto(TBn)</li> <li>- TBSys_buffering_error overflow del buffer di trasporto per informazioni di sistema (Tbsys)</li> <li>- MB_buffering_error overflow del buffer di multiplazione (MBn) oppure if si usa il vbv_delay method: underflow del buffer di multiplazione (Mbn)</li> <li>- EB_buffering_error overflow del buffer di elementary stream (EBn) or if si usa il leak method: underflow del buffer di elementary stream (EBn) sebbene il low_delay_flag e DSM_trick_mode_flag siano posti a 0 else (vbv_delay method) underflow del buffer di elementary stream (EBn)</li> <li>- B_buffering_error overflow o underflow del buffer principale (Bn)</li> <li>- Bsys_buffering_error overflow dell'input buffer PSI (Bsys)</li> </ul>	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.2.3 ISO/IEC 13818-4 [11]: § 9.11.2, 9.1.4

3.4	Unreferenced_PID	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PID (diverso da PAT, CAT, CAT_PIDs, PMT_PIDs, NIT_PID, SDT_PID, TDT_PID, EIT_PID, RST_PID, reserved_for_future_use PIDs, oppure PID user defined come stream privati di dati) non riferito da una tabella PMT in 0,5 s (nota 1).</li> </ul>	EN 300 468 [14]: § 5.1.3
3.4.a	Unreferenced_PID	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PID (diverso da PMT_PIDs, PIDs con numeri tra 0x00 e 0x1F oppure PIDs user defined come stream privati di dati) non riferito da una tabella PMT o CAT in 0,5 s</li> </ul>	EN 300 468 [14]: § 5.1.3
3.5	SDT_error (nota 3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sezione con table_id = 0x42 (SDT, actual TS) non presente nei PID 0x0011 per più di 2 s</li> <li>- Sezioni con table_ids diverso da 0x42, 0x46, 0x4A or 0x72 presenti in PID 0x0011</li> </ul>	EN 300 468 [14]: § 5.1.3 TR 101 211 [15]: § 4.1, 4.4
3.5.a	SDT_actual_error	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sezioni con table_id = 0x42 (SDT, actual TS) non presenti nel PID 0x0011 per più di 2 s</li> <li>- Sezioni con table_ids diverso da 0x42, 0x46, 0x4A o 0x72 presenti in PID 0x0011.</li> <li>- Entro un tempo specificato (25 ms o inferiore), sul PID 0x0011, si presentano due sezioni con table_id = 0x42 (SDT actual).</li> </ul>	EN 300 468 [14]: § 5.2.3, 5.1.4 TR 101 211 [15]: § 4.1, 4.4
3.5 b	SDT_other_error	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intervallo tra sezioni con lo stesso section_number e table_id = 0x46 (SDT, other TS) in PID 0x0011 maggiore rispetto a un valore specificato (10s o maggiore).</li> </ul>	TR 101 211 [15]: § 4.4
3.6	EIT_error (note 4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sezioni con table_id = 0x4E (EIT-P/F, actual TS) non presenti in PID 0x0012 per più di 2 s</li> <li>- Sezioni con table_ids non compreso nell'intervallo 0x4E - 0x6F or 0x72 presenti nel PID 0x0012</li> </ul>	EN 300 468 [14]: § 5.1.3 TR 101 211 [15]: § 4.1, 4.4
3.6.a	EIT_actual_error	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sezione '0' con table_id = 0x4E (EIT-P, actual TS) non presente nel PID 0x0012 per più di 2 s</li> <li>- Sezione '1' con table_id = 0x4E (EIT-F, actual TS) non presente nel PID 0x0012 per più di 2 s</li> <li>- Sezioni con table_ids non compreso nell'intervallo 0x4E - 0x6F or 0x72 presenti nel PID 0x0012.</li> <li>- Entro un tempo specificato (25 ms o inferiore), sul PID 0x0012, si presentano due sezioni con table_id = 0x4E (EIT-P/F, actual TS).</li> </ul>	EN 300 468 [14]: clause 5.2.4, 5.1.4 TR 101 211 [15]: clauses 4.1, 4.4
3.6b	EIT_other_error	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intervallo tra sezioni '0' con table_id = 0x4F (EIT-P, other TS) in PID 0x0012 maggiore di un valore prefissato (10s o più);</li> <li>- Intervallo tra sezioni '1' con table_id = 0x4F (EIT-F, other TS) on PID 0x0012 maggiore di un valore prefissato (10s o più).</li> </ul>	TR 101 211 [15] § 4.4
3.6c	EIT_PF_error	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se una sezione ('0' or '1') di ciascuna sottotavola EIT P/F è presente, devono esistere entrambe. Altrimenti si deve segnalare EIT_PF_error</li> </ul>	EN 300 468 [14] § 5.2.4.
3.7	RST_error	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sezioni con table_id diverso 0x71 or 0x72 presenti in PID 0x0013.</li> <li>- Entro un tempo specificato (25 ms o inferiore), sul PID 0x0013, si presentano due sezioni con table_id = 0x71 (RST).</li> </ul>	EN 300 468 [14]: § 5.1.3
3.8	TDT_error	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sezioni con table_id = 0x70 (TDT) non presenti in PID 0x0014 per più di 30 s</li> <li>- Sezioni con table_id diverso da 0x70, 0x72 (ST) o 0x73 (TOT) presenti in PID 0x0014.</li> </ul>	EN 300 468 [14]: § 5.1.3, 5.2.6 TR 101 211 [15]: § 4.1, 4.4

		– Entro un tempo specificato (25 ms o inferiore), sul PID 0x0014, si presentano due sezioni con table_id = 0x70 (TDT).	
3.9	Empty_buffer_error	– Il buffer di trasporto (TBn) non vuoto almeno una volta per secondo oppure buffer di trasporto per informazioni dei sistema (TBsys) non vuoto almeno una volta per secondo oppure se si usa il leak method il buffer di multiplazione (MBn) non vuoto almeno una volta per secondo.	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.2.3, 2.4.2.6 ISO/IEC 13818-9 [12]: annesso E ISO/IEC 13818-4 [11]: § 9.1.1.2, 9.1.4
3.10	Data_delay_error	– Ritardo dei dati (eccetto still picture video data) attraverso i buffer TSTD superiore a 1 secondo; oppure ritardo di still picture video data attraverso i buffer TSTD superiore a 60 s.	ISO/IEC 13818-1 [1]: § 2.4.2.3, 2.4.2.6
<p>NOTA 1: Si assume che gli stati di transizione siano limitati a 0,5 s, e queste transizioni non dovrebbero determinare indicazioni d'errore.</p> <p>NOTA 2: La vecchia versione del NIT_error (3.1) è stata suddivisa nelle indicazioni d'errore più specifiche NIT_actual_error (3.1.a) e NIT_other_error (3.1.b). La vecchia versione viene citata per consistenza con le implementazioni esistenti di apparati di misura. Per le implementazioni più recenti l'ETSI raccomanda l'uso esclusivo degli indicatori 3.1.a e 3.1.b.</p> <p>NOTA 3: La vecchia versione del SDT_error (3.5) è stata suddivisa nelle indicazioni d'errore più specifiche SDT_actual_error (3.5.a) e SDT_other_error (3.5.b). La vecchia versione viene citata per consistenza con le implementazioni esistenti di apparati di misura. Per le implementazioni più recenti l'ETSI raccomanda l'uso esclusivo degli indicatori 3.5.a and 3.5.b.</p> <p>NOTA 4: La vecchia versione del EIT_error (3.6) è stata suddivisa nelle indicazioni d'errore più specifiche EIT_actual_error (3.6.a), EIT_other_error (3.6.b) e EIT_PF_error (3.6.c). La vecchia versione viene citata per consistenza con le implementazioni esistenti di apparati di misura. Per le implementazioni più recenti l'ETSI raccomanda l'uso esclusivo degli indicatori 3.6.a, 3.6.b and 3.6..</p>			

Tabella 2-9: Parametri del TS a priorità 3

### NIT\_error

Network Information Tables (NITs) come definite dal DVB contengono informazioni su frequenza, FEC, modulazione, polarizzazione, ecc. dei diversi programmi che il decoder può ricevere. Si verifica se le NIT sono presenti nel TS e se possiedono il corretto PID.

### NIT\_actual\_error

Vedi Nota 2 della Tabella 2-9.

### NIT\_other\_error

Ulteriori Network Information Tables (NITs) possono essere presenti in un PID separato e contenenti riferimenti ad altri TS in modo da fornire maggiori informazioni su altri canali. La loro distribuzione non è specificata in maniera obbligatoria e le verifiche possono essere effettuate solo se le NIT sono presenti.

### SI\_repetition\_error

Per le tabelle SI, in [14] e [15] sono specificati valori massimi e minimi di ripetizione periodica. Questo fatto è verificato dal presente indicatore che deve essere settato in aggiunta a altri indicatori di errori di ripetizione relativi a tabelle specifiche.

### Buffer\_error

Tale indicatore verifica le condizioni di underflow e di overflow di un certo numero di buffer presenti nel decoder di riferimento MPEG-2.

### **Unreferenced\_PID**

Ogni data stream che non sia “non-private” deve avere il suo PID riferito nelle PMT.

### **SDT\_error**

L'SDT (Service Description Table) descrive i servizi disponibili per l'utente. E' suddiviso in sotto tabelle contenenti dettagli riguardanti sul contenuto del TS corrente (obbligatoriamente) e di eventuali altri TS (opzionalmente). In assenza di SDT, l'IRD non è in grado di fornire all'utente un elenco dei servizi disponibili. E' anche possibile trasmettere una tavola BAT con lo stesso PID che raggruppa i servizi in “bouquet”.

### **SDT\_actual\_error**

Vedi Nota 3 della Tabella 2-9.

### **SDT\_other\_error**

Questo test è effettuato solamente nel caso in cui si sia accertata la presenza di un'SDT per altri TS.

### **EIT\_error**

La EIT (Event Information Table) descrive ciò che è “in corso di trasmissione” e ciò che seguirà, fornendo opzionalmente dettagli sul palinsesto completo. L'EIT è diviso in un certo numero di sottotabelle in cui solamente le informazioni "present and following" riguardanti il TS corrente sono obbligatorie. Se nell'EIT non sono presenti eventi 'Present' o 'Following', vengono trasmesse sezioni EIT vuote in accordo a [15].

Le informazioni di palinsesto nell'EIT sono accessibili solamente se il TS non è criptato.

### **EIT\_actual\_error**

Vedi Nota 4 della Tabella 2-9.

### **EIT\_other\_error**

Questo test è effettuato solamente nel caso in cui si sia accertata la presenza di un'EIT per altri TS.

### **RST\_error**

L'RST è un meccanismo di aggiornamento veloce dello stato delle informazioni trasferite dall'EIT.

### **TDT\_error**

Il TDT trasporta l'informazione “UTC time and date” corrente. In aggiunta al TDT, è possibile trasmettere un TOT che fornisce informazioni riguardanti l'offset del local time per una certa area.

La trasmissione delle seguenti tabelle:

- NIT\_other;
- SDT\_other;
- EIT\_P/F\_other;
- EIT\_schedule\_other;
- EIT\_schedule\_actual;

È opzionale e quindi i relativi test sono effettuati solamente quando le tabelle sono presenti nel TS.

Quando queste tabelle sono presenti questo sarà fatto automaticamente misurando l'intervallo piuttosto che il presentarsi della prima sezione.

Come ulteriore estensione dei controlli e delle misure di cui sopra si raccomanda una prova supplementare in materia di SI: tutti i descrittori obbligatori nelle tabelle SI devono essere presenti e le informazioni nelle tabelle devono essere coerenti.

## 2.8.7 Misure sul Transport Streams in rete (ETSI TR 101 290 § 5.3)

Un MPEG-2 Transport Stream che viene trasmesso su una rete di comunicazione, è soggetto ad alcuni effetti causati dai componenti della rete non perfettamente trasparente.

Uno degli effetti predominanti è l'introduzione di jitter in relazione ai valori del PCR e la loro posizione nel TS. I parametri definiti in § 2.8.7.1 descrivono le varie componenti del jitter che possono essere differenziate per frequenza.

Per la misurazione del bitrate dei Transport Stream, i requisiti variano in modo significativo per TS a bitrate costante e porzioni di TS / TS a bitrate variabile.

L'applicazione di multiplexer statistici ha portato ad una dinamica maggiore nelle variazioni del bitrate, in particolare delle componenti video. Altri servizi come la trasmissione di dati, hanno caratteristiche che a loro volta si differenziano in termini di insorgenza o di presenza del servizio e di variazioni del bitrate.

In § 2.8.7.2 sono definiti diversi profili per caratterizzare la maggior parte delle applicazioni. I profili possono essere applicati per il monitoraggio e la localizzazione dei guasti.

### 2.8.7.1 Misure sul System clock e sui PCR

#### 2.8.7.1.1 Modello di riferimento

Questo paragrafo presenta un modello di riferimento per la generazione di valori di PCR e ritardi di consegna in corrispondenza di un qualsiasi flusso TS.

Il modello è in grado di rappresentare tutti gli effetti visibili sull'interfaccia TS ma non è concepito per rappresentare i meccanismi con cui tali effetti temporali potrebbero insorgere in sistemi reali.

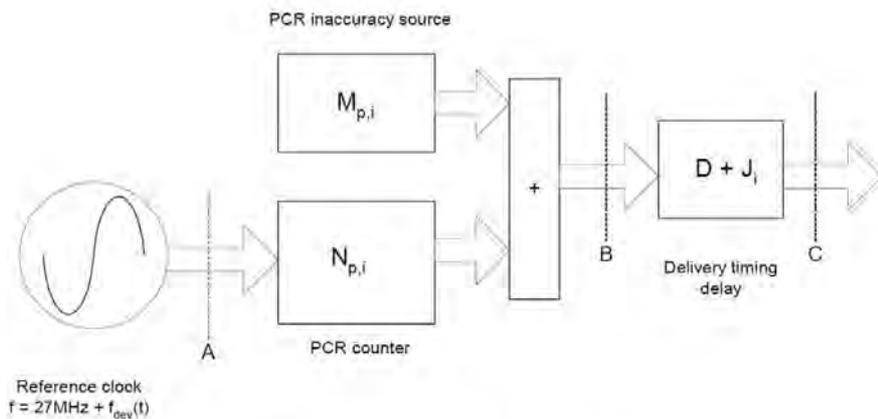


Figura 2-13: Modello di riferimento per System clock e PCR

Nella Figura 2-13, i punti di riferimento sono indicati da linee tratteggiate. Si tratta di un modello di un encoder / multiplexer (fino al punto di riferimento B) e un meccanismo di consegna fisica o rete di comunicazione (tra i punti di riferimento B e C). I componenti del modello a sinistra del punto di riferimento B sono specifici ad un unico PCR PID. I componenti del modello a destra del punto di riferimento B si riferiscono a tutto il Transport Stream. Le apparecchiature di misura di solito possono accedere al TS solo nel punto di riferimento C.

Il modello è costituito da un oscillatore alla frequenza di clock del sistema con una frequenza nominale di 27 MHz, ma la cui frequenza effettiva si discosta da questa da una funzione  $f_{\text{dev}}(p, t)$ . Questa funzione dipende dal tempo (t) ed è specifica per un unico PCR PID (p). L'offset di frequenza "Frequency Offset PCR\_FO" misura il valore di  $f_{\text{dev}}(p, t)$ . Il "Drift Rate PCR\_DR" è il tasso di variazione temporale di  $f_{\text{dev}}(p, t)$ .

L'oscillatore alla frequenza di clock del sistema, pilota un contatore di PCR che genera un valore ideale di PCR,  $N_{p,i}$ . "p" fa riferimento allo specifico PCR PID "p" e "i" si riferisce alla posizione di bit nel TS. A

questo si aggiunge un valore da una sorgente di inesattezza del PCR,  $M_{p,i}$ , per creare i valori PCR visti nello stream,  $P_{p,i}$ . La semplice relazione tra questi valori è la seguente:

$$P_{p,i} = N_{p,i} + M_{p,i} \quad \text{Equazione 1}$$

$M_{p,i}$  rappresenta la cosiddetta "Accuracy PCR\_AC".

Il meccanismo di consegna fisica o rete di comunicazione oltre il punto B, introduce un ritardo variabile tra l'istante di partenza  $T_i$  e l'istante di arrivo  $U_i$  dei bit:

$$U_i - T_i = D + J_i \quad \text{Equazione 2}$$

Nel caso di un PCR,  $U_i$  è il tempo di arrivo dell'ultimo bit dell'ultimo byte contenente la base del PCR ([1], § 2.4.3.5).  $D$  è una costante che rappresenta il ritardo medio attraverso la rete di comunicazione.  $J_i$  rappresenta il jitter nel ritardo di rete e il suo valore medio su tutto il tempo è definito pari a zero.  $J_i + M_{p,i}$  è definito come l'"Overall Jitter PCR\_OJ".

Nel caso comune in cui il Transport Stream è a bitrate costante, nel punto di riferimento B, il Transport Stream è trasmesso a un bitrate costante  $R_{nom}$ . È importante notare che in questo modello di riferimento questo bitrate è costante e accurato; non vi è alcun contributo d'errore dalla variazione di bitrate. Questo fornisce un'ulteriore equazione per l'istante di partenza dei pacchetti:

$$T_i = T_0 + \frac{i}{R_{nom}}$$

Equazione 3

$T_0$  è una costante che rappresenta l'istante di partenza del zero-esimo bit. Combinando le equazioni 2 e 3 si ottiene per l'istante di arrivo la seguente espressione:

$$U_i = T_0 + \frac{i}{R_{nom}} + D + J_i$$

Equazione 4

### 2.8.7.1.2 Descrizione delle misure

Le seguenti misure richiedono una frequenza di demarcazione per delimitare l'intervallo del drift rate e del jitter frequenziali sulle variazioni temporali dei PCR e / o TS.

La frequenza di delimitazione utilizzata deve essere scelta dalla tabella seguente e indicata insieme ai risultati della misurazione.

Nell'Annesso I.5 di [23] si riporta una descrizione su come sono state fissate le frequenze di demarcazione.

Profilo	Frequenza di demarcazione	Commenti
MGF1	10 mHz	Questo profilo è previsto rilevare completamente le componenti di frequenza introdotte dai difetti temporali delle misurazioni relative al PCR Questo profilo fornisce i risultati più accurati in accordo ai limiti definiti in [1], § 2.4.2.1. Se le misure di jitter o di drift rate risultano fuori specifiche quando si usano altri profili, si suggerisce di usare questo profilo per ottenere un'accuratezza migliore.
MGF2	100 mHz	Questo profilo è caratterizzato da prestazioni intermedie tra i profili MGF1 e MGF3, dando una misura ragionevole così come un ragionevole conto delle componenti a bassa frequenza dei difetti temporali.
MGF3	1 Hz	Questo profilo prevede una risposta di misura più veloce prendendo in considerazione solo le componenti di frequenza più alte dei difetti temporali. Questo profilo è previsto essere sufficiente in molte applicazioni.
MGF4	Manufacturer defined	Questo profilo può fornire i vantaggi considerati utili dal costruttore quando viene realizzato in un strumento di misura. La frequenza di demarcazione deve essere fornita con il risultato della misura. Opzionalmente si può fornire qualsiasi altro dato che il fabbricante consideri essere rilevante. Per le prove relative a [12] (limite di $\pm 25$ microsecondi di jitter) è necessaria una

	delimitazione di frequenza di 2 mHz. Un filtro per tale delimitazione può essere implementato nell'ambito del presente profilo MGF4.
--	--

Tabella 2-10: Profili per misure di jitter e di drift rate

### 2.8.7.1.3 Program Clock Reference - Frequency Offset PCR\_FO

**Definizione:** PCR\_FO è definito come la differenza tra la frequenza di clock di programma e la frequenza di clock nominale (misurata nei confronti di un riferimento che non è derivato da PCR, né derivato dal TS).

L'unità di misura per il parametro PCR\_FO dovrebbe essere [Hz] in accordo a:  
 Frequenza misurata – Frequenza nominale,

oppure p.p.m se espresso come:

$$\frac{[\text{Measured Frequency (in Hz)} - \text{Nominal Frequency (in Hz)}]}{\text{Nominal Frequency (in MHz)}}$$

**Scopo:** La frequenza originale del clock usato nel formato video digitale prima della compressione (clock di programma), è trasmesso al ricevitore sotto forma di valori numerici nei campi PCR. La tolleranza, come specificato da [1] è di  $\pm 810$  Hz o  $\pm 30$  ppm.

**Interfacce:** ad esempio l'interfaccia G in Figura 2-14, tratta dall'Annesso I.7.4 di [23]

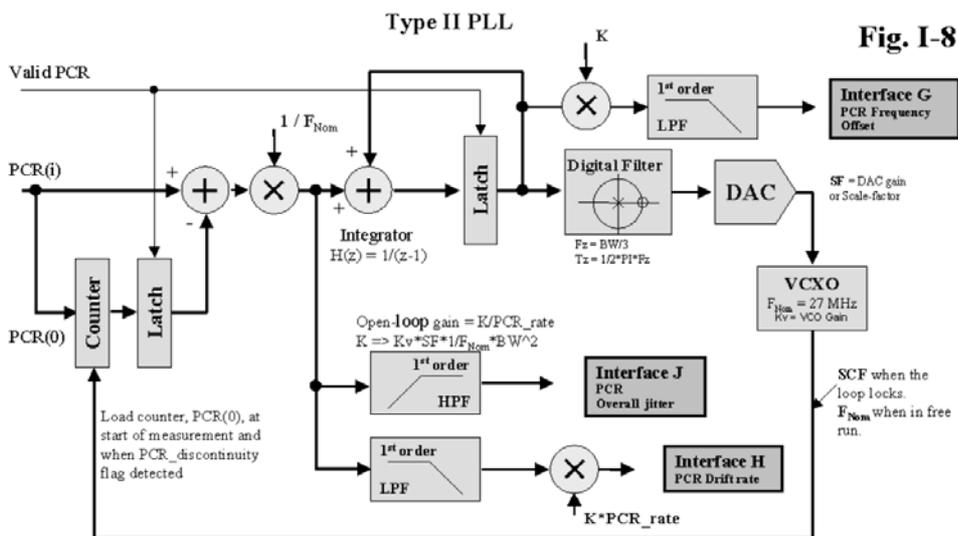


Figura 2-14: Misurazione del PCR jitter complessivo che combina gli effetti del PCR\_AC e del PCR\_arrival-time\_jitter

**Metodo:** Cfr. Annesso I.7.4 di [23].

La misura si ottiene dopo l'azione combinata del filtro passa alto (HPF) del 1° ordine rappresentato dal loop di reazione e l'integratore (rappresentato dal sommatore e dal latch) seguito dal filtro passa basso (LPF) del 1° ordine. Questa azione combinata fornisce una risposta illustrato in Figura 2-15 tratta da Annesso I.7 di [23], per l'offset di frequenza.

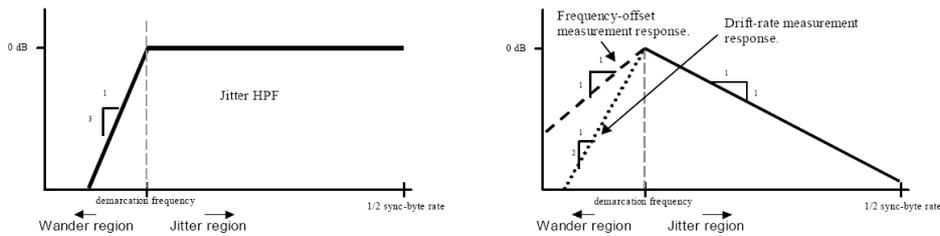


Figura 2-15: Risposte dell'HPF del 3° ordine per misure di jitter e del filtro di roll-off del 1° ordine per misure di drift

#### 2.8.7.1.4 Program Clock Reference – Drift Rate PCR\_DR

**Definizione:** PCR\_DR è definito come la derivata prima della frequenza ed è misurato sulle componenti a bassa frequenza della differenza tra la frequenza del clock di programma e la frequenza nominale (misurata nei confronti di un riferimento che non è derivato da PCR, né derivato dal TS).

L'unità di misura del parametro PCR\_DR dovrebbero essere mHz/s (@ 27 MHz) o ppm/ora.

**Scopo:** La misurazione è stata progettata per verificare che il drift di frequenza, se presente, della frequenza di clock di programma sia al di sotto dei limiti stabiliti da [1]. Questo limite è efficace solo per le componenti a bassa frequenza delle variazioni come indicato dalla delimitazione di frequenza di cui all' Annesso I di [23].

La tolleranza come specificata da [1] è  $\pm 75$  mHz/s@ 27 MHz o  $\pm 10$  ppm/ ora.

**Interfacce:** ad esempio l'interfaccia H in Figura 2-14 tratta da Annesso I.7 di [23].

**Metodo:** Cfr. Annesso I di [23].

La misura si ottiene dopo l'azione combinata del filtro passa alto (HPF) del 2° ordine rappresentato dal loop di reazione (prima dell'integratore rappresentato dal sommatore e dal latch), seguito dal filtro passa basso (LPF) del 1° ordine. Questa azione combinata fornisce una risposta illustrata in Figura 2-15 tratta da Annesso I.7 di [23], per il drift rate.

#### 2.8.7.1.5 Program Clock Reference – Accuracy PCR\_AC

**Definizione:** L'accuratezza dei valori PCR, PCR\_AC è definita come la differenza tra il valore effettivo del PCR e il valore che dovrebbe avere nel TS rappresentato dall'indice del byte della sua effettiva posizione. Ciò può essere calcolato per i TS a bitrate costante, la misura può non produrre risultati significativi per TS a bitrate variabile.

L'unità di misura dovrebbe essere ns (nanosecondi).

**Scopo:** Questa misura è stata progettata per indicare l'errore totale incluso nel valore del PCR per quanto riguarda la sua posizione nel TS.

La tolleranza, come specificato da [1] è di  $\pm 500$  ns.

Questa misura è ritenuta valida sia per misurazioni in tempo reale sia per misurazioni off-line.

La misura dovrebbe attivare l'indicatore di cui al § 2.8.6.2. punto 2.4.

**Interfacce:** Ad esempio l'interfaccia E in Figura 2-14, tratta da Annesso I.7 di [23].

**Metodo:** Cfr. Annesso I di [23].

I valori di PCR\_AC che influenzano la ricostruzione del clock attraverso PLL per un programma specifico possono essere misurati indipendentemente dagli istanti di arrivo estraendo le variazioni in valori adiacenti dei PCR e il numero di byte tra i PCR nel modo seguente:

$$K(i) = i' - i'', \text{ bytes}$$

$$[\text{PCR}(i) - \text{PCR}(i-1)]/F_{\text{Nom}} - K(i)/\text{TR} = d(\text{PCR\_AC}(i))/dt$$

TR = rate nominale del Transport Stream rate, bytes/s,  $F_{\text{Nom}} = 27\text{MHz}$   
 $K(i)$  = numero di bytes tra il PCR(i) corrente e il precedente PCR(i-1)

Tutte le larghezze di banda dei filtri passa alto e passa basso come in MGF1, MGF2, MGF3 e MGF4 in Tabella 2-10.

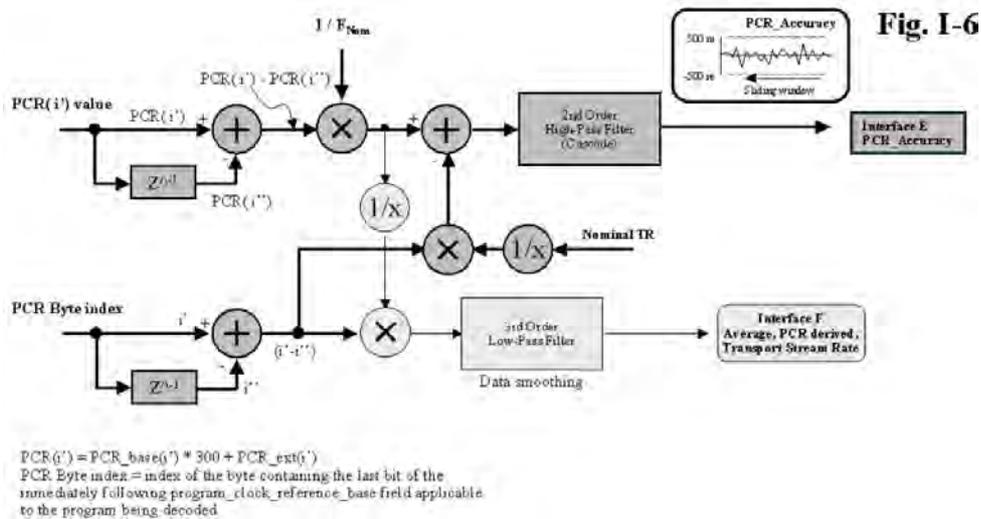


Figura 2-16: Misura di PCR\_Accuracy

Si noti che questo metodo misura la PCR\_AC indipendentemente dall'arrival-time. Questo può essere operato solamente nel caso di TS a bitrate costante.

Il drift-rate e l'offset di frequenza non sono misurati. Gli errori dell'intervallo tra PCR consecutivi non sono misurati ma possono essere ricavati indirettamente dai valori  $K(i)/\text{TR}$ . Si noti inoltre che PCR\_AC è misurato al di sopra della frequenza di demarcazione al fine di essere consistente con quelle componenti spettrali che contribuiscono al jitter del PLL. Le componenti di drift di PCR\_AC sono verosimilmente trascurabili rispetto al drift del clock.

Il filtro passa alto del secondo ordine rappresenta la risposta passa alto (HPF) del secondo ordine all'accuratezza del PCR dovuta all'effetto di derivazione del primo ordine della prima differenza col passato (first-past-difference) del PCR come mostrato in Figura 2-16, tratta da Annesso I.7.1 di [23]. Questo è illustrato meglio da un sistema tempo discreto operante ad un rate PCR medio come in Figura 2-17, tratta da Annesso I.7.1 di [23].

Nei termini del modello di riferimento delle misure introdotto in § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, lo schema di Figura 2-16 ha lo scopo di misurare la differenza in due inaccurately del PCR  $M_{p,i} - M_{p,i''}$ . Una serie di queste misure può essere ulteriormente elaborata per derivare le inaccurately del PCR individuali  $M_{p,i}$  assumendo che l'inaccurately media sia zero.

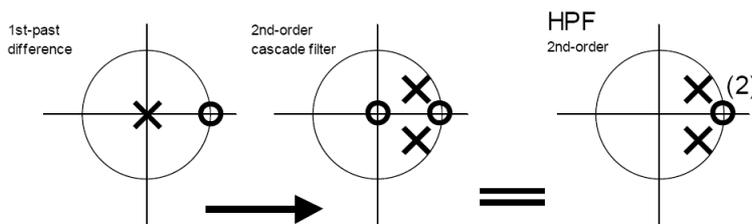


Figura 2-17: HPF del 2° ordine

NOTA: Si noti che l'accuratezza del PCR è definita da [1]: "Per i valori della PCR è specificata una tolleranza. La tolleranza dei PCR è definita come il valore massimo consentito di inaccuratezza per i PCR ricevuti. Tale inaccuratezza può essere dovuta a imprecisione nei valori PCR o modifica dei PCR durante re-multiplexing. Essa non include errori negli istanti di arrivo dei pacchetti a causa di jitter di rete o ad altre cause".

#### 2.8.7.1.6 Program Clock Reference - Overall Jitter PCR\_OJ

- Definizione:** PCR\_OJ è definito come la misura istantanea delle componenti ad alta frequenza della differenza tra l'istante in cui un PCR sarebbe dovuto arrivare nel punto di misura (basata su precedenti valori PCR, il suo valore e un riferimento che non è derivato dai PCR o dal TS) e l'istante in cui è effettivamente arrivato. L'unità di misura dovrebbe essere ns (nanosecondi).
- Scopo:** La misura del PCR\_OJ è concepita per tenere conto di tutti gli errori cumulativi che incidono sui valori del PCR durante la generazione dello stream di programma, la moltiplicazione, la trasmissione, ecc. Tutti questi effetti appaiono come jitter al ricevitore, ma in effetti sono una combinazione di inesattezze sui PCR e jitter in trasmissione. Questo valore può essere confrontato con l'errore massimo specificato in [1] per l'accuratezza del PCR di  $\pm 500$  ns solo se il jitter in trasmissione sia assunto pari a zero.
- Interfacce:** ad esempio l'interfaccia J in Figura 2-14.
- Metodo:** Cfr. Annesso I di [23].  
La misura si ottiene dopo l'azione combinata del filtro passa alto (HPF) del 2° ordine rappresentato dal loop di reazione (prima dell'integratore rappresentato dal sommatore e dal latch), seguito filtro passa alto del 1° ordine. Questa azione combinata fornisce una risposta illustrata in Figura 2-15 per il jitter (a sinistra).  
Il jitter complessivo comprende l'effetto combinato degli errori sull'accuratezza del PCR e del jitter del PCR arrival-time. Rappresenta un parametro importante dato che si riferisce direttamente all'effetto sul jitter e sul drift del clock del programma ricostruito. Questo metodo deve comprendere anche la misurazione del drift-rate e dell'offset di frequenza. Pertanto, il metodo più pratico è quello di implementare un PLL come quello di "SCF recovery" nel decoder di programma. Controllando attentamente la larghezza di banda e calibrando il VCXO, è possibile misurare, contemporaneamente, il jitter globale del PCR, l'offset di frequenza dell'SCF e il tasso di drift dell'SCF con le risposte in frequenza di cui in Figura 2-14.

#### Spiegazione

Si noti che il PLL nello schema è un sistema di controllo di Tipo II con due integratori ideali (accumulatore digitale e VCXO). Questo genera all'uscita del sottrattore di fase una risposta passa alto ad anello chiuso del secondo ordine. Pertanto, al disotto della banda passante del loop, la risposta risulta proporzionale al drift-rate e proporzionale al di sopra della banda passante del loop. E' necessario sommare un HPF del 1° ordine aggiuntivo alla misura del jitter per rimuovere gli effetti del drift-rate. Per converso è necessario aggiungere una LPF del primo ordine all'uscita del drift-rate per rimuovere gli effetti del jitter dalla misura.

NOTA1: Se i filtri sono implementati utilizzando tecniche basate su DSP su dati grezzi, e dato che il PCR\_rate è il rate dei campioni, il valor medio del PCR\_rate dovrebbe essere determinato misurando il PCR\_interval e filtrando il risultato con un LPF a 10 mHz o inferiore.

NOTA 2: Il progetto mostrato è un ibrido digitale-analogico con un DAC che pilota il filtro d'anello analogico. Per un DAC a 14 bit il fattore di scala sarà  $2^{-14}$ . Il VCXO con guadagno  $K_v$  può essere realizzato con un sottosistema consistente in OXCO e da un FLL che blocca un VCXO. Questo può essere usato, se desiderato, per calibrare l'uscita che fornisce l'offset di frequenza all'accuratezza voluta.

In caso contrario, l'VCXO può essere utilizzato da solo e il suo errore di frequenza o offset verificato applicando un TS noto con frequenza accurata e sottraendo l'errore da misurazioni successive.

NOTA 3: Alternativamente, un OCXO free-running può essere utilizzato per determinare il PCR\_interval con metodi noti e può essere relizzato un VCO digitale. Con questo metodo è possibile realizzare una versione completamente digitale o solo software utilizzando il PCR\_interval e i valori PCR.

Può essere dimostrato che questo metodo può avere una larghezza di banda che è essenzialmente indipendente PCR\_rate medio con i valori di jitter misurati relativamente indipendenti delle variazioni di PCR\_interval.

Sebbene questo metodo descriva un implementazione PLL come un ibrido di DSP e di elaborazione dei segnali analogici, sono possibili altri metodi che producono le stesse risposte filtrate.

### 2.8.7.2 Misure di Bitrate

Il valore di bitrate del sistema proveniente da una misura dipende da un certo numero di parametri:

- quando è iniziata la misura di bitrate;
- cosa viene contato (pacchetti, byte, bit);
- la finestra temporale (gate) nella quale viene misurato il bitrate;
- la modalità di come la finestra temporale si muove tra una misura e le successive (timeSlice).

#### 2.8.7.2.1 Algoritmo di misura Bitrate

Questo paragrafo definisce il parametro "MG bitrate" che è un valore istantaneo di bitrate.

Il bitrate è calcolato attraverso una media su una determinata "finestra" temporale (gate). Questa finestra viene spostata su un intervallo di tempo discreto (time slice) per produrre il valore del bitrate per la time slice medesima (la finestra "salta", da una time slice alla successiva). Gli elementi che possono essere contati sono bit, byte o pacchetti TS, e il significato del valore misurato deve essere chiarito da un'accurata etichettatura (vedi nomenclatura al § 2.8.7.2.3). La misura può essere applicata a tutto il Transport Stream o ad una porzione di TS ottenuta applicando un filtro PID o anche un filtro per rimuovere le intestazioni dei pacchetti.

L'equazione seguente definisce l'"MG bitrate":

$$MG\_bitrate\_at\_timeSlice_t = \frac{elementSize}{T} \times \sum_{n=0}^{n=N\tau-1} num\_elements\_in\_timeSlice_{t-n\tau}$$

In cui:

- N è il numero intero di time slice.
- $T = N\tau$  è la durata della finestra in secondi.
- $\tau$  è la durata di ciascuna time slice in secondi.
- Element: è l'unità fondamentale che viene contata dall'algoritmo di misura del bitrate.
- elementSize: è la dimensione (misurata in unità appropriate) dell'elemento che viene misurato. Per esempio, se le unità di bitrate sono pacchetti/s allora l'elementSize deve essere espresso in pacchetti. Se le unità sono bitrate bit/s allora l'elementSize è espressa in bit. Pertanto se un elemento è un pacchetto di 188 byte possiamo esprimere elementSize come:
  - elementSize = 188 bytes/packet × 8 bits/byte = 1 504 bits
- num\_elements\_in\_timeSlice: è il numero intero di inizi di elemento che si sono presentati nel timeSlice. Se un elemento è un pacchetto di 188 byte quindi questo corrisponde al conteggio di byte di sincronizzazione. Se un elemento è un byte allora questo può corrispondere a contare i primi bit in ordine di trasmissione su un collegamento seriale.

L'unità di misura per MG\_bitrate\_at\_timeSlicet non è specificata, ma deve essere la stessa utilizzata per esprimere elementSize. Questo è dovuto al fatto che il bitrate può essere espresso in una serie di modi diversi, come è descritto nel paragrafo Nomenclatura (§ 2.8.7.2.3).

La misurazione è discreta. Un nuovo valore di misura è disponibile ogni timeSlice ed è detenuto per la durata di un timeSlice. Visualizzare il valore di bitrate in una sezione dello strumento di misura non può costituire una visualizzazione precisa di questo valore come è indicato nella Figura 2-18.

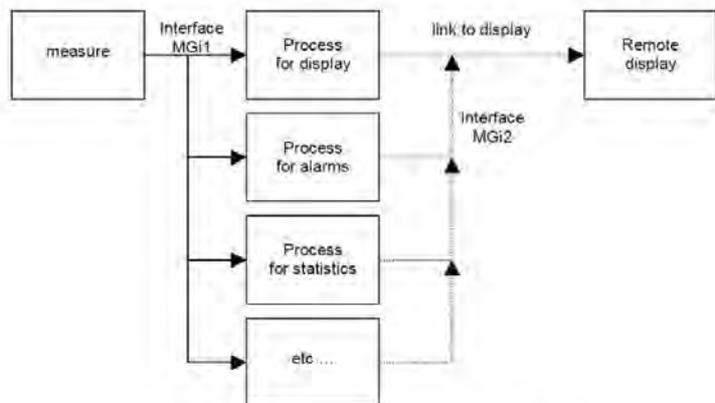


Figura 2-18: Visualizzazione di un valore di bitrate

### 2.8.7.2.2 Valori preferenziali per le misure di Bitrate

I valori preferenziali per l'algoritmo sono dipendenti dall'applicazione. Un insieme di valori può essere appropriato per il monitoraggio ed un altro può essere appropriato per misurazioni precise. Per ottenere misurazioni consistenti tra due apparati di costruttori diversi sono definiti i profili illustrati in Tabella 2-11. (Si noti che l'intervallo timeSlice  $\tau$  può essere espresso come intervallo temporale oppure come frequenza).

Profilo MG	Descrizione del Profilo	Stream Type/Rate	$\tau$	N	T=N $\tau$	Elemento
MGB1	Orientato verso applicazioni in cui il bitrate è costante o lentamente variabile. È compatibile con la maggior parte delle apparecchiature sviluppate prima della pubblicazione della specifica ETSI.	Tutti	1s	1	1s	Pacchetti da 188 byte
MGB2	Fornisce calcoli di rate globalmente consistenti con accuratezza ragionevole per la maggior parte delle applicazioni di monitoraggio e di identificazione di malfunzionamenti. E' pensato per misurazioni CBR mentre bitrate rapidamente variabili sono più efficacemente misurati con i profili MGB3 o MGB4.	Tutti	100 ms	10	1s	Pacchetti da 188 byte
MGB3	Utile per inseguire piccole variazioni nel rate di ciascun elemento nel multiplex	Tutti	1/(90 kHz)	1800	20ms	Pacchetti da 188 byte
MGB4	Utile per calcoli di rate con medie a lungo termine ma con ripetibilità tra due differenti misure degli stessi dati.	Tutti	1/(90 kHz)	9x10 <sup>4</sup>	1s	Pacchetti da 188 byte
MGB5	Consente calcoli di bitrate sulla base dei parametri che sono più appropriati per TS particolari: <ul style="list-style-type: none"> <li>- TS@MGB1</li> <li>- video@MGB3</li> <li>- audio@MGB4</li> <li>- the_rest@188,1s,100s</li> <li>- etc.</li> </ul> Quando ciò avviene, è necessario che la notazione	TS Completo o parziale	User Def.	User Def.	User Def.	Pacchetti da 188 byte

	utilizzata per i valori di bitrate indichi che i valori non sono direttamente confrontabili tra loro: Questo esempio segue le indicazioni di notazione fornite dall'ETSI e mostra che non è probabile che la somma dei bitrate misurati delle componenti del TS uguagli il bitrate complessivo misurato.					
--	---	--	--	--	--	--

Tabella 2-11: Profili per misure di Bit rate

Applicazioni dei profili vengono illustrate nell' Annesso informativo J di [23].

### 2.8.7.2.3 Nomenclatura delle misure di bitrate

E' importante esprimere i valori del bitrate in un modo che consenta il confronto.

Una corretta nomenclatura può indicare, ad esempio, che per convertire una misura di bitrate su pacchetti di 204 byte ad una su pacchetti di 188 byte si deve applicare un opportuno fattore di correzione. Le raccomandazioni dell'ETSI sono relative a notazioni per il "MG-bitrate". Se è stato utilizzato l'algoritmo "MG bitrate", allora i bitrates sono della forma:

`<bitrate_value> <units>@ MGprofile`

oppure `<bitrate_value> <units> @ MG<element>, <timeslice>, <time_gate> [,<filter>]`

Per esempio se si deve misurare il bitrate del TS completo di un sistema con pacchetti di 204 byte, allora è importante conoscere la dimensione del pacchetto (i.e. l'elementSize) e la dimensione della finestra temporale misurata per assicurare la ripetibilità della misura. Conseguentemente un bitrate dovrebbe essere espresso come:

10,300 Mbit/s@ MG 204, 1/90 kHz, 1, 1s esempio 1

Si è assunto per default che il bitrate sia sul TS complessivo.

Se si deve misurare il bitrate di tutte le componenti del servizio per un servizio denominato "Test Transmission" (cioè tutti i PID elencati nella PMT + il bitrate della PMT escludendo i bitrate di EITp e EITf per quel servizio) allora sarà espresso come:

4,154 Mbit/s@ MG 188, 1/90 kHz, 1s, service: Test Transmission esempio 2

oppure 4,154 Mbit/s @ MGB4, service: Test Transmission

Per esprimere l'esempio 2 in termini di percentuale del bitrate totale nell'esempio 1 è ovvio che si deve considerare il fattore di correzione 188/204 prima di operare la divisione:

Test Transmission =  $100 \times (4,154 \times 204/188) / 10,300$  % del bitrate = 43,8 % del bitrate

Questa notazione risulta indipendente dalla tecnica di misura ma è fondamentale affinché i risultati si possano confrontare.

Si noti anche nella scrittura delle misure di MG-bitrate, i valori kbit/s e Mbit/s si considerano come  $10^3$  bit/s e  $10^6$  bit/s rispettivamente. Si raccomanda infine che i valori kB/s ( $10^3$  bytes/s) e MB/s ( $10^6$  bytes/s) non vengano usati.

### 2.8.7.3 Consistenza delle informazioni

Le informazioni trasferite nelle diverse tabelle SI/PSI in differenti TS necessitano di essere consistenti e coerenti per fornire all'utente accesso a tutti i servizi. Ovunque queste tabelle vengano generate o modificate si richiede un controllo sul TS che le include.

In molti casi, queste applicazioni sono definite dall'utente nel senso che i fornitori e gli operatori possono desiderare di ridurre al minimo la complessità di questi controlli.

Come primo esempio di tale controllo, il controllo è definito Transport\_Stream\_ID qui di seguito.

#### 2.8.7.3.1 Transport\_Stream\_ID check

**Definizione:** Ogni TS MPEG-2 deve essere identificabile attraverso il proprio Transport\_Stream\_ID trasferito nella PAT.

**Scopo:** Dato che le reti DVB diventano di complessità sempre maggiore si presenta il rischio che venga trasmesso su un certo canale il TS sbagliato. I fornitori di servizio e gli operatori di rete possono avere l'esigenza di verificare che il TS correntemente trattato sia quello voluto.

**Interfacce:** A, Z.

**Metodo:** Il Transport\_Stream\_ID (come indicato nella PAT), deve essere verificato e l'effettivo TS ID deve essere confrontato con un valore definito dall'utente. Con ciò è possibile verificare se il Transport Stream corrente è quello corretto.

## 2.9 Parametri globali del servizio

### 2.9.1 System Error Performance (ETSI TR 101 290 § 9.21)

- Scopo:** Il parametro System Error Performance descrive le prestazioni della trasmissione digitale dal ingresso del segnale MPEG-2 TS nel sistema DVB Baseline all'uscita MPEG-2 TS di questo.
- Interfacce:** A, Z,  
– M con un ricevitore di riferimento (e.g. misura sul trasmettitore)  
– N con un ricevitore di riferimento (e.g. misure di copertura)
- Metodo:** La misura di questo parametro è basata su un sottoinsieme di eventi di errore definiti in § 2.9.4.  
– Errored Second (ES) oppure Errored Time Interval (ETI),  
– Severely Errored Second (SES) oppure Severely Errored Time Interval (SETI).  
L'intervallo temporale T utilizzato per identificare tali eventi dipende dallo scopo delle misure.  
Intervalli maggiori o minori di 1 s possono essere considerati appropriati in particolari circostanze.

#### Valutazione dei parametri di Error Performance

I parametri di Error Performance devono essere valutati solamente mentre la trasmissione è in stato disponibile.

Per valutare le prestazioni dei parametri d'errore a partire dagli eventi opportuni, deve essere utilizzato un certo intervallo di misura (MI). Questo intervallo di misurazione dipende l'obiettivo specifico della misura. Possibili intervalli di misura corrispondenti a particolari applicazioni vengono proposti nella Tabella 2-12.

In generale, l'Error Performance è il rapporto tra numero di eventi veri e il numero totale di intervalli di tempo T durante l'intervallo di misurazione.

Conseguentemente parametri di performance derivati sono:

- Errored Second Ratio (ESR) oppure Errored Time Interval Ratio (ETIR);
- Severely Errored Second Ratio (SESR) oppure Severely Errored Time Interval Ratio (SETIR).

Lunghezza degli Intervalli di Misura (MI)	Applicazioni
5 s	– - Applicabile per l'analisi della ricezione mobile
20 s	– - Verifica di copertura – - Minimo valore di MI raccomandato per confronto tra ricevitori
5 minuti	– - Possibile risoluzione per analisi di un'ora.
1 ora	– - Possibile risoluzione per fluttuazioni giornaliere

Tabella 2-12: Esempi di Intervalli di Misura

### 2.9.2 Disponibilità del Sistema (ETSI TR 101 290 § 6.1)

- Scopo:** Il parametro System Availability descrive la qualità a lungo termine del sistema di trasmissione digitale nel suo complesso
- Interfaccia:** Z.
- Metodo:** La definizione del parametro System Availability è basato sulla lista dei parametri di performance riportati in § 2.9.4:  
– Severely Disturbed Period (SDP)  
– Errored Block (EB)  
– Errored Time Interval ETI/ Errored  
– Second (ES)

- Severely Errored Time Interval SETI/
- Severely Errored Second (SES)
- Unavailable Time UAT

Il parametro System Availability è definito come il rapporto:  $(\text{Total Time} - \text{Unavailable Time}) / \text{Total Time}$

### 2.9.3 Disponibilità del Link (ETSI TR 101 290 § 6.2)

**Scopo:** Il parametro Link Availability descrive la qualità a lungo termine di un link nell'ambito di una catena di trasmissione digitale. Esso potrebbe essere utilizzato come parametro di qualità del servizio nei contratti tra i gestori di rete e di fornitori dei programmi.

**Interfaccia:** X (Indicatore di overload del decoder Reed Solomon)

**Metodo:** La definizione del Link availability è basata sui seguenti parametri di performance:

- Uncorrectable Packet (UP): Un pacchetto MPEG-2 TS con un errore non correggibile che viene indicato da overload nel decoder Reed Solomon;
- Uncorrectable Time Interval UTI/Uncorrectable Second (US): Un dato intervallo temporale contenente uno o più UP. L'US è un caso particolare di UTI quando l'intervallo temporale è pari a 1s.
- Severely Uncorrectable Time Interval (SUTI)/ Severely Uncorrectable Second (SUS): Un dato intervallo temporale contenente UP in percentuale maggiore di un valore prefissato, o almeno un SDP o parte di esso.
- SUS è un caso particolare di SUTI in cui l'intervallo temporale è pari a 1s.

**NOTA:** Tale percentuale non è definita dall'ETSI ma è lasciata ad accordi tra operatori di rete e fornitori di servizi.

**Link Unavailable Time LUAT:** L'inizio di un intervallo Link Unavailable Time può essere definito come:

- a) l'insorgenza di N consecutivi eventi SUS / SUTI;
  - b) l'insorgenza di una finestra scorrevole di lunghezza T in cui si verificano M eventi SUS / SUTI
- Gli intervalli temporali/secondi a) e b) sono considerati parte del Link Unavailable Time.

Un termine dell'intervallo Link Unavailable Time può essere definito come:

- c) l'insorgenza di N consecutivi eventi non SUS / SUTI;
- d) l'insorgenza di una finestra scorrevole di lunghezza T in cui non si verificano nessun evento SUS / SUTI

I valori N, M e T possono differire per tipo di servizio (video, audio, data, etc.).

Il **Link Available Time (LAT)** è conseguentemente definito come il periodo in cui il link è disponibili con continuità (e, di conseguenza non si verificano LUAT). Gli intervalli temporali/secondi c) e d) sono considerati parte del LAT.

### 2.9.4 Disponibilità a livello TS (ETSI TR 101 290 § 5.4)

#### Definizioni degli eventi d'errore

Le definizioni di Tabella 2-13 sono utilizzate per stabilire criteri per determinare parametri quali System Availability, Link Availability, and System Error Performance (ad esempio per misure di copertura) sia in reti di distribuzione sia in reti di contribuzione.

Tali definizioni possono anche essere utilizzate per verificare le prestazioni dei TS nei ricevitori IRD attraverso la Common Interface.

Si noti che tali misure devono essere effettuate dopo l'applicazione delle decodifiche FEC.

5.4.1	Severely Disturbed Period (SDP):	Un intervallo temporale di sync loss (come definito in § 2.8.6.1, parametro 1.1) o di perdita di segnale.
5.4.2	Errored Block (EB):	Un pacchetto MPEG-2 TS con uno o più errori non correggibili, che risulta indicato dal flag transport_error_indicator (cfr. § 2.8.6.2)
5.4.3	Errored Time Interval	Un dato intervallo temporale con uno o più EB.

	(ETI):	
5.4.3.a	Errored Second (ES):	Un caso particolare di ETI in cui l'intervallo temporale è pari a 1s.
5.4.4	Severely Errored Time Interval (SETI):	Un dato intervallo di tempo che contiene un numero di EB superiore a una determinata percentuale, o almeno uno SDP o parte di esso. Questa percentuale non è specificata dall'ETSI, ma deve essere oggetto di accordi tra gli operatori di rete e fornitori di programmi.
5.4.4.a	Severely Errored Second (SES):	Un caso particolare di SETI in cui l'intervallo temporale è pari a 1s.
5.4.5	Unavailable Time UAT	<p>L'inizio di un intervallo Unavailable Time può essere definito come:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'insorgenza di N consecutivi eventi SES / SETI;</li> <li>- l'insorgenza di una finestra scorrevole di lunghezza T in cui si verificano M eventi SUS / SUTI</li> </ul> <p>questi intervalli temporali/secondi sono considerati parte del Unavailable Time.</p> <p>Un termine dell'intervallo Unavailable Time può essere definito come:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'insorgenza di N consecutivi eventi non SES / SETI;</li> <li>- l'insorgenza di una finestra scorrevole di lunghezza T in cui non si verificano nessun evento SES / SETI</li> </ul> <p>questi intervalli temporali/secondi sono considerati parte del Available Time.</p> <p>I valori N, M e T possono differire per tipo di servizio (video, audio, data, etc.).</p>

Tabella 2-13: Eventi di Errore

### 2.9.5 Valutazione delle prestazioni di sistema per mezzo della combinazione di parametri del TS (ETSI TR 101 290 § 5.5)

Negli ultimi anni, sono state effettuate, nel quadro di progetti di ricerca europei (Progetti ACTS QUOVADIS, 1995-1998, e MOSQUITO, 1998-1999), numerose prove sul campo concentrate sulla qualità del servizio di televisione digitale. Ciò valeva per vari tipi di reti televisive digitali come satellite, cavo, terrestre, e in una certa misura ATM. Le prove sono state volte a creare artificialmente condizioni molto critiche ma realistiche per la ricezione dei servizi. Il sistema di supervisione ha generato una banca dati attraverso la raccolta di parametri (parametri RF, analisi del TS e valutazione di qualità audio e video percepita) misurati da opportuni strumenti situati in diversi punti delle reti.

L'analisi statistica di questi dati (che rappresentano il comportamento delle reti, le apparecchiature di misurazione e strumenti di controllo in condizioni realistiche) ha evidenziato alcune correlazioni tra i singoli parametri. E' stata definita una metodologia individuando un insieme minimo di parametri che descrivono in modo consistente la situazione delle apparecchiature di ricezione in particolari condizioni.

Le definizioni riportate di seguito si basano su parametri che sono già definiti nel presente documento. L'ETSI raccomanda l'uso di un'opportuna combinazione di tali parametri per dare una prima approssimazione della probabilità che il servizio sia disponibile in una certa zona con una qualità definita per una certa percentuale di tempo.

L'obiettivo è quello di fornire le informazioni in una forma strutturata in modo tale che gli operatori di rete possono implementare le funzionalità e di acquisire esperienza con la misurazione dei parametri combinati. Ciò per portare a una comprensione comune dei problemi e delle possibili soluzioni, per esempio per il monitoraggio della qualità del servizio.

Questo potrebbe anche essere una funzione potenzialmente importante per la definizione degli obblighi contrattuali tra fornitore di servizi e gestore di rete. Per una prima stima della qualità del servizio disponibile, in determinate condizioni di ricezione, è possibile valutare i parametri Service\_Availability\_Error, Service\_Degradation\_Error, e Service\_Impairments\_Error paragonando il loro valore in una certa percentuale di tempo con valori target predefiniti (come stabiliti, per esempio, dall'operatore di rete).

#### 2.9.5.1 Service\_Availability\_Error and Service\_Availability\_Error\_Ratio

**Scopo:** Identificare distorsioni critiche e interruzioni del servizio in particolari condizioni di ricezione. Questo parametro è correlate alla perdita del servizio.

**Interfaccia:** Z

**Metodo:** Si conteggia il numero di occorrenze, in un intervallo temporale definito  $\Delta T$  (e. g. 10 s), dei messaggi d'errore per i seguenti parametri:

- a) TS\_sync\_loss (cfr. § 2.8.6.1 {1.1})
- b) PAT\_error (cfr. § 2.8.6.1 {1.3})
- c) PMT\_error (cfr. § 2.8.6.1 {1.5})

Per ogni intervallo temporale  $\Delta T$ , si calcolano le seguenti differenze (che corrispondono alla derivazione della funzione crescente relativa all'occorenza dei messaggi d'errore considerati):

- TS\_sync\_loss ( $\Delta T$ ) = TS\_sync\_loss (T) - TS\_sync\_loss (T- $\Delta T$ )
- PAT\_error ( $\Delta T$ ) = PAT\_error (T) - PAT\_error (T- $\Delta T$ )
- PMT\_error ( $\Delta T$ ) = PMT\_error (T) - PMT\_error (T- $\Delta T$ )

Quindi il valore Service\_Availability\_Error viene calcolato come:

$$\text{Service\_Availability\_Error} = \text{Max} [\text{TS\_sync\_loss} (\Delta T), \text{PAT\_error} (\Delta T), \text{PMT\_error} (\Delta T)]$$

E si mostrano i risultati su un intervallo temporale opportuno , e. g. 10 minuti, e si calcola il Service\_Availability\_Error\_Ratio come la percentuale di tempo per la quale il parametro supera una soglia predefinita.

### 2.9.5.2 Service\_Degradation\_Error and Service\_Degradation\_Error\_Ratio

**Scopo:** Identificare degradazioni critiche in particolari condizioni di ricezione. Questo parametro è correlate al livello di forti disturbi del servizio.

**Interfaccia:** Z

**Metodo:** Si Conteggia il numero di occorrenze, in un intervallo temporale definito  $\Delta T$  (e. g. 10 s), dei messaggi d'errore per i seguenti parametri:

- a) CRC\_error (cfr. § 2.8.6.2 {2.2})
- b) PCR\_error (cfr. § 2.8.6.2 {2.3})
- c) NIT\_error (cfr. § 2.8.6.3 {3.1})
- d) SDT\_error (cfr. § 2.8.6.3 {3.5})

Per ogni intervallo temporale  $\Delta T$ , si calcolano le seguenti differenze (che corrispondono alla derivazione della funzione crescente relativa all'occorenza dei messaggi d'errore considerati):

- CRC\_error ( $\Delta T$ ) = CRC\_error (T) - CRC\_error (T- $\Delta T$ )
- PCR\_error ( $\Delta T$ ) = PCR\_error (T) - PCR\_error (T- $\Delta T$ )
- NIT\_error ( $\Delta T$ ) = NIT\_error (T) - NIT\_error (T- $\Delta T$ )
- SDT\_error ( $\Delta T$ ) = SDT\_error (T) - SDT\_error (T- $\Delta T$ )

Quindi il valore di Service\_Degradation\_Error viene calcolato come:

$$\text{Service\_Degradation\_Error} = \text{Max} [\text{CRC\_error} (\Delta T), \text{PCR\_error} (\Delta T), \text{NIT\_error} (\Delta T), \text{SDT\_error} (\Delta T)]$$

E si mostrano i risultati su un intervallo temporale opportuno , e. g. 10 minuti, e si calcola il Service\_Degradation\_Error\_Ratio come la percentuale di tempo per la quale il parametro supera una soglia predefinita.

### 2.9.5.3 Service\_Impairments\_Error and Service\_Impairments\_Error\_Ratio

<b>Scopo:</b>	Identificare I primi sintomi di degradazione del servizio in particolari condizioni di ricezione. Il parametro è correlate a menomazioni infrequenti del servizio.
<b>Interfaccia:</b>	Z
<b>Metodo:</b>	Si Conteggia il numero di occorrenze, in un intervallo temporale definito $\Delta T$ (e. g. 10 s), dei messaggi d'errore per i seguenti parametri:
	a) Continuity_count_error (cfr. § 2.8.6.1{1.4})

	<p><b>b) Transport_error</b> (cfr. § 2.8.6.2{2.1})</p> <p>Per ogni intervallo temporale <math>\Delta T</math>, si calcolano le seguenti differenze (che corrispondono alla derivazione della funzione crescente relativa all'occorenza dei messaggi d'errore considerati):</p> $\text{Continuity\_count\_error}(\Delta T) = \text{Continuity\_count\_error}(T) - \text{Continuity\_count\_error}(T - \Delta T)$ $\text{Transport\_error}(\Delta T) = \text{Transport\_error}(T) - \text{Transport\_error}(T - \Delta T)$ <p>Quindi il valore di <b>Service_Impairments_Error</b> viene calcolato come:</p> $\text{Service\_Impairments\_Error} = \text{Max} [\text{Continuity\_count\_error}, \text{Transport\_error}]$ <p>E si mostrano i risultati su un intervallo temporale opportuno, e. g. 10 minuti, e si calcola il <b>Service_Impairments_Error_Ratio</b> come la percentuale di tempo per la quale il parametro supera una soglia predefinita.</p>
--	--

Un esempio relativo alla definizione di differenti condizioni di ricezione viene illustrato in Tabella 2-14:

Qualità di ricezione molto buona (pQoS), nessun disturbo percepibile per diversi minuti	<p>Service_Availability_Error con Performance Class = 1 per il 100 % del tempo,</p> <p>Service_Degradation_Error con Performance Class = 1 per 100 % del tempo,</p> <p>Service_Impairments_Error con Performance Class <math>\leq 2</math> per 95 % del tempo</p>
Condizioni di ricezione molto degradate	<p>Service_Availability_Error con Performance Class <math>\geq 2</math> per 75 % del tempo,</p> <p>Service_Degradation_Error con Performance Class <math>\geq 2</math> per 95 % del tempo,</p> <p>Service_Impairments_Error con Performance Class <math>\geq 3</math> per 95 % del tempo</p>

Tabella 2-14: Esempi di condizioni di ricezione

NOTA: Le cifre in questo esempio non sono applicabili con generalità. Possono essere definite dagli operatori di rete o dai fornitori di servizio per quantificare la disponibilità e/o le prestazioni di un servizio in accordi contrattuali. Inoltre, le grandi variazioni delle cifre sono probabilmente per diversi tipi di servizi.

Ai fini di queste misure, può essere utile per definire diverse classi di prestazioni in relazione con la percezione della qualità del servizio (pQoS).

Nella Tabella 8-2-15 è riportato un esempio che può essere utilizzato per i servizi video e audio:

Performance Class 1:	alta perceived Quality of Service (pQoS), nessuna distorsione.
Performance Class 2:	buona pQoS, pochi disturbi.
Performance Class 3:	bassa pQoS, disturbi ripetuti.
Performance Class 4:	molto bassa pQoS, interruzioni del servizio ripetute.
Performance Class 5:	perdite di servizio ripetute, impossibile seguire i programmi.

Tabella 8-2-15: Esempi di classi di prestazioni

## 3 Esperienze internazionali sui sistemi di monitoraggio delle trasmissioni televisive digitali terrestri

### 3.1 Il “paziente” inglese

Tra le varie soluzioni dell'affrontare il problema del monitoraggio e della qualità dello spettro elettromagnetico nel più generale ambito delle radiocomunicazioni, quello scelto in ambito anglosassone da Ofcom è certamente un caso singolare e deve essere comunque considerato come un caso esemplare tra le varie possibili soluzioni. Sotto un punto di vista prettamente progettuale l'approccio essenziale, tipicamente britannico, associato ad un rigoroso studio e ovviamente alla messa in campo di risorse adeguate, ha permesso, nell'arco di pochi anni lo sviluppo di una rete che, seppur criticabile per talune soluzioni e limitazioni, si dimostrata essere fattibile e completamente aderente ai requisiti iniziali. Tali requisiti fondano la loro origine su una semplice considerazione: poiché un possibile controllo e gestione di una attività non è possibile senza conoscerne la sua composizione e la relativa qualità associata, analogamente a come qualsiasi azienda non può essere gestita senza conoscerne la distribuzione del personale e le loro qualità. Lo scopo del progetto Ofcom è quindi duplice: un primo problema è studiare la “**qualità**” dello spettro che in prima istanza vuole rappresentarsi nello studiare quanto lo spettro sia affetto da interferenze e inquinamenti di altre sorgenti, da rumore e da quanto altro vada a impattare con lo spettro originario di una sorgente come ad esempio le nuove tecnologie radio UWB; il secondo è invece controllare l'utilizzo dello spettro anche in funzione delle licenze, delle emissioni pirata (problema molto sentito per questo paese), dell'effettivo utilizzo o non utilizzo delle bande anche al fine di verificare il possibile sviluppo di nuove tecnologie come la mesh o la cognitive radio. In altre parole conoscere e verificare continuamente l'utilizzo dello spettro, ossia effettuare un “**monitoraggio**” dello spettro. È bene notare sin da subito come questo progetto non voglia approfondire più di tanto l'utilizzo di una determinata banda di spettro, non vuole cioè entrare nei dettagli di una particolare tecnologia, non vuole ovvero penetrare verticalmente lo studio dello spettro analizzando e monitorando sin più specifici dettagli una determinata banda, ma piuttosto vuole avere un approccio orizzontale che vada a coprire, nel più semplice ma efficace dei modi possibili, l'intero spettro di interesse. Le soluzioni investigate e le soluzioni proposte vanno sempre considerate avendo ben in mente questo specifico approccio, che per altro deve considerarsi anche il più corretto in riferimento agli scopi istituzionali di un organismo come l'Ofcom. Controllare solo i parametri essenziali, e quando possibile universali, per tutte le bande e tecnologie, in maniera esaustiva ed “economica” è pertanto la filosofia perseguita. È chiaro tuttavia che tale operazione è comunque già di per se una attività fattibile solo con un impegno economico non trascurabile, e che se tale impegno risulterebbe inaccettabile se si fosse voluto studiare verticalmente tutte le diverse bande radio.

In particolare per lo studio della qualità l'Ofcom ha commissionato lo studio sia di stazioni base sia di stazioni mobili che potessero le interferenze in uno spettro da 100 MHz fino a 10.6GHz, intervallo che copre ampiamente tutto lo spettro di interesse della radiocomunicazioni e che include anche le bande di nuove emergenti tecnologia. Nella documentazione Ofcom tale studio fa riferimento alla sigla AIMS (Automatic Interference Monitoring System).

Per quanto riguarda invece lo studio del monitoraggio, ovvero dell'utilizzo dello spettro e della individuazioni delle sorgenti interferenti o non autorizzate, si fa riferimento al AMS (Automatic Monitoring System).

Ad un primo esame la divisione effettiva del progetto in due sottoprogetti, che sembrerebbero avere molto in comune e che se portati avanti separatamente potrebbero comportare una ridondanza di costi molto importante, in realtà ha avuto proprio lo scopo di dimostrare come il progetto sia fattibile e mantenibile sia tecnicamente sia economicamente su tutto il territorio della Gran Bretagna. Ne è testimonianza non solo che gli studi siano stati portati avanti e conclusi con successo, per altro appaltando le attività ad aziende diverse, ma che al termine di una prima fase attuativa entrambe le attività siano proseguite con la fase seconda del progetto relativa alla effettiva campagna di misura, al controllo delle licenze, alla misura delle interferenze, ecc.

Vedremo ora brevemente le caratteristiche principali di AIMS e di AMS, successivamente per ciascuna fase delle due attività si riporterà un resoconto ragionato di quanto operato, non prima però di aver introdotto la descrizione del sito di monitoraggio di Baldock che è stato un capostipite nel controllo dello spettro nell'isola britannica. Ulteriori considerazioni su quanto operato nell'isola britannica da altri enti, chiudono questo studio sul caso specifico.

### 3.1.1 AIMS (Automatic Interference Monitoring System): fase 1°

Si tratta di sviluppare un sistema di controllo continuativo non supervisionato da operatore che permetta di effettuare misurazioni di interferenza rispetto alla potenza dei segnali su una ampia porzione dello spettro. Il sistema deve poter disporsi sia in aree urbane, sia extraurbane e rurali. Gli attuali sistemi commerciali non permettono, se non in parte, di adempiere ai requisiti richiesti, o meglio lo permettono utilizzando però un insieme di strumenti e antenne che risulterebbero tuttavia sovrabbondanti e conseguentemente con una levitazione dei costi non accettabile. È quindi stato affrontato il problema portando avanti un vero e proprio progetto di ricerca. Nello sviluppo dell'AIMS infatti, pur essendo stato questo appaltato ad una società privata, sono stati effettuati degli studi innovativi e peculiari che hanno permesso di realizzare delle stazioni il più aderenti possibile alle richieste del progetto.

Se infatti ogni stazione AISM è composta da tre principali componenti:

- una antenna UW omnidirezionale, con polarizzazione verticale e con range da 100MHz a 10.6GHz;
- un sistema di ricezione composto essenzialmente da analizzatore di spettro, uno switch RF, una sorgente di rumore e altre dispositivi standard, ma il cui cuore di funzionamento è relegato alla analisi ad hoc del segnale I/Q fornito dall'analizzatore di spettro;
- un sistema di analisi che comprende sia un database con i dati delle emittenti, un sistema di editing, di controllo remoto, ecc.

la maggior parte del sistema è stato sviluppato appositamente per il progetto, ed in particolare alcune componenti, come l'antenna, costituiscono degli importanti risultati della ricerca di punta negli specifici ambiti. Anche gli algoritmi per la individuazione e la misura delle interferenze sono stato oggetto di studi specifici. Insomma a partire dallo studio e realizzazione da parte della Queen Mary University of London della ultra wide band antenna omnidirezionale e del necessario amplificatore a basso rumore che garantisce in fase operativa una figura di rumore lungo tutto lo spettro contenuta nei 4dB, passando per lo sviluppo di reti neurali che analizzano il segnale I/Q per individuarne possibili interferenze, e pertanto utilizzando solo parzialmente l'assemblaggio di componenti commerciali il sistema AISM ha iniziato le sue misure ad inizio 2006, permettendo lo sviluppo della seconda fase del progetto.

### 3.1.2 AIMS (Automatic Interference Monitoring System): fase 2°

La fase due del progetto comprende la diffusione sul territorio della stazione definita nella fase uno, e in una serie di campagne di misura. Le misure vengono operate su una media giornaliera o di durata maggiore su un totale di quaranta stazioni.

Le attività sono quindi state divise in due campagne di misurazione distinte, ciascuna operata su venti siti. Una prima campagna ha avuto lo scopo di effettuare misure attinenti a tutti quei segnali presenti nello spettro che pur non facendo parte delle frequenze licenziate non possono considerarsi come interferenze vere e proprie. Si tratta pertanto di misurare il *Man-Made Noise* (MMN) definito come l'insieme dei segnali, per lo più di tipo impulsivo, dovuto a motori elettrici, a motori ad accensione elettrica, commutatori switching, ecc. insomma da tutti quei sistemi, utilizzati nelle attività industriali o private, che possano generare disturbo alle normali comunicazioni radio. Questa ovviamente deve essere considerata come un rumore di fondo che dovrà comunque essere compatibile con le caratteristiche delle diverse tecnologie di comunicazione. Altre misurazioni sono effettuate sui sistemi di comunicazione LE (*License-Exempt*) cioè su tutti quei sistemi di comunicazione radio che possono trasmettere in modalità di "licenza esente".

Nei rimanenti venti siti si sono invece effettuate ancora misure di MMN (in quanto questo risulta un importante valore che deve essere monitorato su tutto il territorio e nel caso specifico perché si volevano comparare i risultati con quelli di precedenti campagne di misura) determinando il nuovo valore di Fa (ovvero del cosiddetto *external factor* che va a caratterizzare l'insieme dei segnali disturbanti caratterizzati secondo il modello WGN *white Gaussian noise*). Inoltre sono state effettuate misure di qualità secondo il parametro classico di  $C/(I+N)$  e quindi andando a studiare il valore di co-channel interference CCI.

In questa seconda fase oltre a produrre un dettagliato rapporto su valori delle grandezze succitate, si è proceduto ad un aggiornamento del sistema all'ottimizzazione degli algoritmi di misura e allo sviluppo delle opportune interfacce di rappresentazione dei dati.

### 3.1.3 AMS (Automatic Monitoring System): fase 1°

Anche in questo caso si tratta di sviluppare un sistema per il controllo senza ausilio di operatore. I compiti principali del sistema sono essenzialmente due e poiché per ciascun compito la loro ottimale posizione nel territorio è diversa si è proceduto nello sviluppare due sistemi completamente distinti. Un primo di monitoraggio remoto e di identificazione goniometrica della sorgente che opera nella banda 20MHz -3GHz che è stato posizionato in ventiquattro siti tutti in posizione geograficamente alta in modo da agevolare la identificazione della interferenza, sistema denominato RMDF (*remote monitoring and direction finding*). Un secondo denominato UMS (*unattended monitoring system*) opera su ventotto siti tutti ad alta densità urbana sempre nella medesima banda, in questo caso infatti è importante avere una copertura molto alta rispetto alla popolazione. Tuttavia, anticipando alcuni risultati del lavoro, si è stimato che per una copertura esaustiva del territorio inglese siano necessarie circa 2000 stazioni. Sorprendentemente, l'organismo inglese ha concluso che se le postazioni fossero completamente "*unattended*" e quindi a basso costo di manutenzione una rete di tale genere potrebbe anche essere presa in considerazione. I risultati del progetto AMS costituiscono un punto chiave per questa decisione. Tuttavia le forze già messe in gioco e il semplice considerare fattibile una rete di monitoraggio dello spettro come quella ipotizzata rende chiaramente l'idea dello spirito e della serietà con cui, ancora una volta, il mondo anglosassone affronta l'impatto delle tecnologie sul mercato e sui cittadini. Anche per AMS si è voluto procedere con un vero e proprio progetto di ricerca definendo un nuovo sistema hardware adatto agli scopi, e allo studio e definizione di algoritmi specifici alle computazione delle misure di interesse.

### 3.1.4 AMS (Automatic Monitoring System): fase 2

Grazie ai risultati della prima fase che hanno portato allo sviluppo di diversi prototipi della sistema per il monitoraggio dello spettro che potesse individuare e identificare emissioni illegali e al contempo verificare l'effettivo utilizzo delle risorse, si è potuto stimare il costo delle rete nazionale di AMS per l'Inghilterra che si è stimato, ad inizio 2006, in circa 113 milioni di sterline (difficile fare una stima attuale in euro stante la veloce variazione del cambio, ragionevolmente potremmo stimare intorno ai 150 milioni di euro, ma ricordiamo che la cifra fa riferimento al territorio inglese e pertanto la cifra andrebbe nel caso dell'Italia aggiornata ulteriormente adattandola alle esigenze della propria geografia). La fase due dell'AMS ha avuto proprio lo scopo principale, sulla base di una prima campagna di misura, di valutare i benefici della messa in opera di una rete nazionale rispetto ai costi sopra enunciati. Si tratta quindi di un business plan a tutti gli effetti che tiene conto di tutti gli stakeholder coinvolti e che in particolare si prefigge di individuare e valutare, anche economicamente, i benefici derivanti da un monitoraggio dello spettro sia nell'individuazione delle frequenze scarsamente o totalmente inutilizzate, sia nella facilitazione della introduzione di nuove tecnologie come la cognitive radio, piuttosto che alla abilitazione di nuovi servizi grazie ad un riallocazione delle frequenze.

Dopo questa generale panoramica, nei paragrafi successivi si descriveranno con maggior dettaglio tecnico i due progetti. Corre tuttavia l'obbligo, prima di proseguire, di introdurre e descrivere Baldock "the Ofcom's listening ear" dello spettro che risulta il primo e più importante centro di controllo dello spettro in Gran Bretagna.

## 3.2 Baldock: the Ofcom's listening ear

Questo sito, locato appunto a Baldock nell'Hertfordshire, costituisce storicamente il primo importante centro per il monitoraggio ed il controllo della qualità dello spettro sin da quando, nel 1929 l'allora General Post Office inglese si è interessato al problema ed ha appunto messo in servizio il centro di Baldock.



Figura 3 - 1 : Lo storico sito di Baldock nell'Herfordshire

Questo ovviamente ha nel tempo cambiato i suoi obiettivi fino a divenire oggi un centro di monitoraggio 24\*365 esemplare dotato anche di diverse stazioni mobili e che oggi monitorizza utilizzando ben quattro diverse “tecnologie”: 1) Terrestrial Monitoring System; 2) Satellite Monitoring System; 3) Mobile Monitoring System; e infine 4) Electromagnetic Compatibility System (EMC).

### 3.2.1 Terrestrial Monitoring System (TMS)

Nato originariamente per il monitoraggio delle frequenze HF, oggi è in grado di controllare remotamente e continuamente anche gli spettri VHF e UHF. È in grado di individuare le interferenze e localizzare la sorgente interferente permettendo così alle preposte autorità di intervenire tempestivamente in qualsiasi istante e garantendo pertanto un servizio ottimale a tutte le emittenti autorizzate. Inoltre il laboratorio TMS collabora con gli organismi internazionali e con le Agenzie di altri paesi per il controllo e la gestione ottimale dello spettro. Il range di spettro coperto è oggi da 9kHz a 1GHz e limitatamente alla banda 9kHz fino a 30MHz riesce ad effettuare misure di portante con la precisione di  $\pm 1\text{Hz}$ . Per quanto riguarda invece la potenza l'accuratezza è di  $\pm 1\text{dB}$  fino alla banda LF compresa e quindi di  $\pm 2\text{dB}$  fino a 30MHz. Più complesso è il sistema di localizzazione della direzione. Questo è disponibile anche per le basse frequenze da 100kHz a 2MHz. Utilizzando una diversa tecnica e un diverso array di antenne la localizzazione è possibile anche nella banda da 2MHz a 30MHz. È in fase di attuazione la copertura della banda V/UHF. Il sistema di occupazione dello spettro agisce invece nel range 100 kHz – 1.5 GHz e produce automaticamente dei report sia per la individuazione di eventi brevi nel tempo, sia per il calcolo su una media temporale, particolarmente utile quando si deve analizzare segnali su periodi lunghi dell'ordine di una settimana o più.

### 3.2.2 Satellite Monitoring System (SMS)

Si tratta di un sistema per il controllo dei segnali emessi dai satelliti geostazionari al fine di meglio garantire la qualità delle stazioni di terra, ovvero per prevenire interferenze con le emittenti licenziate di terra. Inoltre si controllano le TES (Transportable Earth Station), per lo più in utilizzo ai broadcaster e ai militari) anche in questo caso per gli stessi fini di cui sopra. Il puntamento dei dischi è completamente gestibile dal sistema remoto permettendo così un facile adattamento del sistema con il cambiare del numero di satelliti che si vogliono controllare.

### 3.2.3 Mobile Monitoring System

Si tratta di un sistema di monitoring senza ausilio di operatore capace di controllare l'occupazione e la potenza dei sistemi di comunicazione mobili nella banda 20 MHz – 3 GHz. Il sistema riesce a monitorare circa 2000 canali per secondo, e l'audio può essere inoltrato per l'ascolto su una qualsiasi linea telefonica. Inoltre il sistema controlla diversi parametri dei protocolli di trasmissione attraverso i quali è possibile definire degli “user profile” degli utilizzatori, ottenendo quindi delle informazioni importantissime per future pianificazioni dello spettro. Il controllo è operato anche attraverso stazioni mobili allestite su camioncini opportunamente attrezzati in modo da non interferire con la strumentazione. Questa permette un controllo dello spettro dai 9 kHz ai 18 GHz, e in maniera automatica dello spettro RF da 20 MHz ai 3 GHz. Un sistema di direction finding nella banda V/UHF completa la fornitura dei veicoli.

### 3.2.4 Electromagnetic Compatibility System (EMC).

Anche in questo caso si tratta di laboratori mobili. Qui la banda è molto più ampia dai 9 kHz ai 110 GHz, anche se la maggior parte dei problemi si riscontrano fino a 40 GHz. Non essendo di stretta attinenza agli argomenti di nostri interesse, si rimanda alla bibliografia per maggiori dettagli sul problema del EMC.



Figura 3 - 2 : Esempi di risorse di monitoraggio al sistema Baldock

Infine sempre a Baldock si è consolidato un team di esperti nella misura dei principali parametri delle emittenti radio sia per le vecchie tecnologie analogiche (MW, FM) sia per le odierne tecnologie digitali fortemente promosse dall'Ofcom (si veda a riguardo la consultazione del 2007 “The future of radio”) come il DAB, il DRM, ecc. Si ricorda che nello scenario anglosassone il problema delle interferenze della banda radio ed FM in particolare, comunemente denominato “pirat radio” in quanto dovuto a trasmissioni spesso molto limitate nel tempo e di difficile individuazione) riveste infatti un ruolo particolare, ed è a tutt'oggi un problema molto sentito, anche perché legato a problemi di ordine pubblico molto importanti come terrorismo ecc., come testimoniano esperti e articoli su riviste specializzate (inserire riferimento IET).

Il sito di Baldock non ha pertanto solo una valenza storica, ma costituisce ancora oggi il più importante centro di controllo dello spettro dell'isola britannica.

### 3.3 Il sistema AIMS

Il sistema AIMS è stato sviluppato dalla Mass Consultants Limited per la Ofcom. Una volta definite le specifiche il progetto ha avuto durata, nella sua prima fase, di circa dodici mesi al termine dei quali era disponibile il sistema di misura e i risultati di una prima campagna di misurazione.



Figura 3 - 3 : Il sistema di ricezione di AIMS I° sviluppato dalla Mass Ltd.

Come già anticipato, questo è stato a tutti gli effetti un progetto di ricerca che ha introdotto nuovi e innovativi sistemi di misura allo scopo di misurare quei parametri di interesse al monitoraggio della qualità e quindi delle interferenze nello spettro elettromagnetico. Non solo quindi lo sviluppo di speciale antenna omnidirezionale che copre dai 100 MHz ai 10.6 GHz da parte della Queen Mary University, ma anche tutta una serie di algoritmi e metodologie di analisi sviluppate appositamente. In questo capitolo, per brevità, se ne riporteranno solo alcune a titolo di esempio rimandando il lettore al rapporto e alle molte appendici che lo completano.

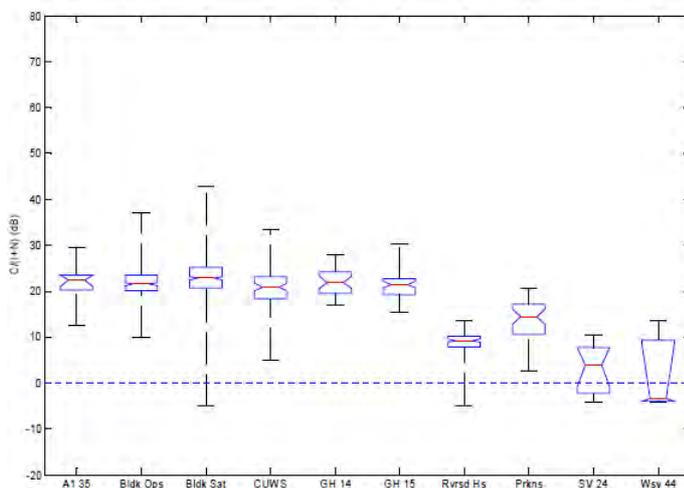


Figura 3 - 4 : C/(I+N) per la banda 470-590 MHz misurata su alcuni siti

Poiché è interesse del progetto il controllo dell'intero spettro, poche ma universali e significative misure sono state oggetto di studio. Al contempo si è dovuto far fronte anche a quelle situazioni derivanti dalla introduzione di nuove tecnologie di comunicazione come le tecniche basate su modulazione UWB. È pertanto un progetto di tipo "orizzontale" che non vuole andare a investigare i parametri di qualità specifici di una determinata tecnologia di comunicazione ma che vuole al contrario sfrondare i complessi sistemi disponibili sul mercato e arrivare all'essenziale misura di qualità dello spettro attraverso però lo stato dell'arte, e pertanto andando, spesso, ben oltre quanto richiesto da normative e raccomandazioni. Di particolare interesse è anche l'attenzione volta alla modalità di rappresentazione dei dati raccolti,

che anche in questo caso perseguono una filosofia “orizzontale” all’approccio del problema. Si prenda ad esempio la misura di  $C/(I+N)$ , in questo caso la rappresentazione proposta è quella di considerare il livelli di potenza per tutte le portanti all’interno di una banda. Ad esempio nel caso della TV (470 590 MHz) PAL-I nella figura seguente si trova il valore di  $I+N$ , e i relativi descrittori statistici, misurato nei diversi siti. Analogamente possono rappresentarsi, per maggior dettaglio i valori della sola portante  $C$ , e del solo fattore disturbante ( $I+N$ ). Questa misura è ovviamente operata su tutte le bande e per quei segnali ove ha senso (e.g. FM, PAGER, TETRA, PAL-I TV, NICAM, GSM, DECT, UMTS, BLUETOOTH, WIFI). I grafici sono di facile lettura e riportano, come nell’esempio seguente, in rosso il valore mediano della misura effettuata, il rettangolo blu corrisponde al range di interquartile, mentre la linea nera verticale corrisponde ovviamente al valore minimo e massimo misurati.

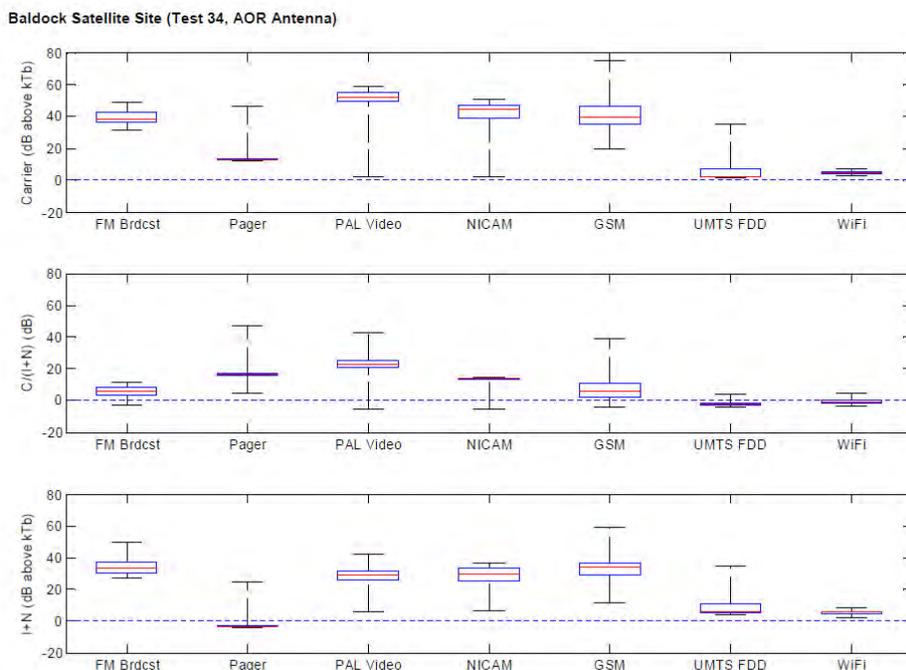


Figura 3 - 5 : Misure di interferenza nelle diverse bande misurate al sito di Baldock

Ovviamente oltre a queste misure di tipo integrale che riportano cioè i valori di interferenza su periodi di tempo molto ampi, il sistema fornisce anche misure relative all’andamento nel tempo dei due valori di Carrier e di  $I+N$ , come ad esempio riportato nella figura seguente.

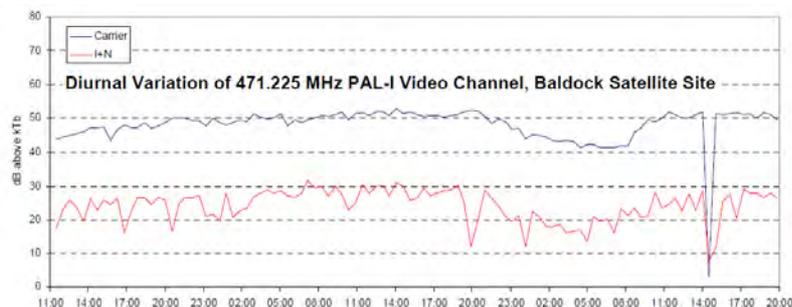


Figura 3 - 6 : Andamento dei valori di Carrier e di  $I+N$  per in canale TV misurato al sito Baldock

Il sistema per il calcolo del  $C/(I+N)$  prescelto è quello denominato MOM (Method of Moments) capace di misurare separatamente sia il segnale di Carrier sia quello di Interferenza più Noise.

Esistono diverse possibilità di implementazione di tale metodo, quella prescelta in AIMS è basata su una modifica del algoritmo di Kozono. Una valutazione in campo e in simulazione di di diversi algoritmi ha infatti dimostrato essere questo quello più adatto agli scopi. Si è anche valutato con successo l’utilizzo di un sistema computazionalmente più complesso del MOM ma che offre sicuramente vantaggi da un punto di vista della sensibilità come il SBM (Subspace Based Method) che tuttavia non è

stato scelto come default nella prima versione del sistema. Il sistema MOM tuttavia mostra una non perfetta aderenza su quelle modulazioni che non hanno una ampiezza di segnale costante. Anche in questo caso il lettore interessato alle specifiche dell'algoritmo MOM utilizzato ed alle sue prestazioni, nonché alle prestazioni del SBM trova una esaustiva relazione sperimentale nel rapporto della Mass. Ltd.

Oltre a queste caratteristiche, qui solo sommariamente descritte, il sistema AIMS comprende due particolari aspetti: un sistema di misura del rumore/interferenza generati dalle modulazioni MB-OFDM nelle emergenti tecnologie UWB; un sistema per il riconoscimento automatico della modulazione AMR (Automatic Modulation Recognition) basato sull'utilizzo di reti neurali. In particolare quest'ultimo vuole essere unico per tutto lo spettro. Considerando che molti strumenti commerciali utilizzano algoritmi proprietari e che basano pertanto il loro funzionamento anche su una conoscenza a priori e che comunque risultano adatti solo a misure su una parte dello spettro, nell'ambito di AIMS si è deciso di individuare un sistema di AMR dalle caratteristiche universali e che funzionando senza conoscenza a priori non solo fosse in grado di funzionare nell'attuale scenario di comunicazioni, ma fosse anche pronto a integrare facilmente l'identificazioni di nuove tecnologie di comunicazione nello spettro.

Vedremo ora qualche dettaglio su questi due aspetti, e di seguito le migliorie apportate nella seconda fase del progetto atte ad ampliare il set di misure e a correggere le anomalie individuate nella prima fase.

### 3.3.1 DREAMR: un sistema di riconoscimento di modulazione

Da uno studio sperimentale è risultato che i normali sistemi di AMR basati sulla misura dei momenti statistici e o la individuazione di costellazioni non riesce a raggiungere prestazioni sufficienti nell'attuale scenario di comunicazioni e inoltre è prevedibile che la questione si complichino ancor più nel prossimo futuro. Anche in questo caso AIMS ha effettuato uno studio di sistemi alternativi e la scelta definitiva è stata per DREAMR (Dominant Real Eigenvalue Automatic Modulation Recogniser). Il sistema è in realtà molto semplice ed è costituito da una rete neurale BF classica avente in entrata la cosiddetta "firma" del segnale spettrale costituita dalla auto struttura del segnale stesso (un esempio per un segnale IEEE802.11b è quello riportato in entrata alla rete rappresentata in figura).

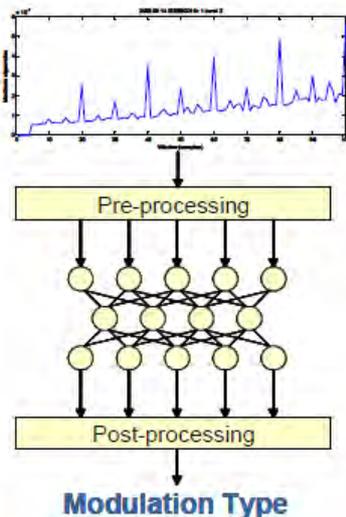


Figura 3 - 7 : Schema della rete neurale per la identificazione della modulazione

Il proposto sistema automatico si è dimostrato necessario in quanto vista la crescente complessità e diversità dei tipi di modulazione si è iniziato ad avere difficoltà di classificazione anche attraverso il più antico e affidabile mezzo di classificazione attraverso un operatore esperto. Riguardo ai template di addestramento si è riscontrato come alcune tecniche di modulazione presentano una autostruttura molto semplice e ripetibile (ad esempio nel caso di TV, FM, GSM, DECT, NICAM, IEEE 802.11b), mentre altre tecnologie come TETRA, e quelle in codific FSK o DQPSK risultano risolvibili solo con un numero maggiore ad uno di "signature" in quanto le loro caratteristiche possono dipendere dai diversi

modi di operazione in quella tecnologia. Tuttavia il sistema risulta molto semplice e basa la sua decisione solamente su semplici caratteristiche del segnale. È ragionevole pensare che in una seconda versione il sistema possa essere arricchito con sistemi più complessi di AMR. Ad esempio i segnali in codifica OFDM hanno tipicamente una dimensione del pattern identificativo molto più grande rispetto alle altre e quindi di più difficile trattamento. In generale nella prima versione il sistema di AMR ha mostrato un rate di corretto funzionamento intorno al 76%, ma su alcune tecnologie con prestazioni molto basse (ad esempio intorno al 30% per il GSM, mentre funziona praticamente con un rate del 100% per TV, NICAM, DAB).

### 3.3.2 Segnali in banda UWB (Ultra Wide Band)

Le tecnologie di misura fino ad era elencate risultano ottimali per rumori di tipo WGN (White Gaussian Noise). Nel caso di codifica OFDM il rumore risulta piuttosto simile a quello impulsivo o al MMN (man-made noise), visibile certamente dal sistema AISM ma che tuttavia non risulta corredato di algoritmi sufficientemente sofisticati a effettuare le necessarie misure. Inoltre al momento dello sviluppo della prima versione di AIMS vi erano anche difficoltà di sperimentazioni in campo (vista ancora l'esiguo numero di effettive trasmissioni UWB) e quindi si è essenzialmente proceduto allo studio attraverso simulazioni di laboratorio come nella seguente figura.

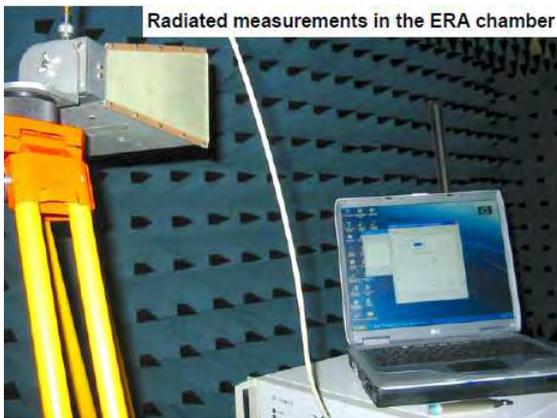


Figura 3 - 8 : Ambiente di simulazione per lo studio di misure MB-OFDM

Sono stati effettuati studi usando tre diverse modalità operazionali: “Beacon mode”, dove un segnale OFDM è trasmesso continuamente (questa è in realtà poco significativa nello scenario reale); “MAC emulation” dove si simula appunto il Media Access Control layer; ed il “MAC emulation plus packet mode” che risulta essere lo scenario più realistico. Date le caratteristiche del segnale la grandezza fondamentale da misurare risulta la ADP (Amplitude Probability Distribution) che assume nelle tre modalità andamenti come riportato nella figura seguente.

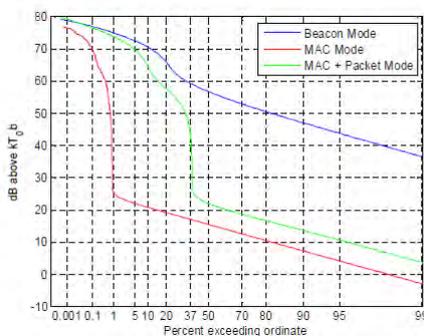


Figura 3 - 9 : Esempi di misura di ADP per UWB data

Dalla figura si evince come il caso di “MAC plus packed mode” risulti chiaramente quello che ha maggior effetto sulla ADP e quindi che la individuazione di questi segnali in UWB è di fondamentale

importanza. I risultati ottenuti in questo primo prototipo sono promettente ma non ritenuti sufficienti allo scopo e conseguentemente la soluzione di questo problema costituirà un punto chiave della prevista seconda fase di sviluppo.

### 3.3.3 Caratteristiche hardware e software del sistema AIMS

Il sistema AIMS, nella sua prima versione, è costituito da un sistema di alimentazione, un analizzatore di spettro Rohde & Schwartz FSQ26, una interfaccia, denominata AIU (AIMS Interface Unit) con l'antenna e il personal computer. Particolare attenzione è stata dedicata al cablaggio al fine di poter ospitare la stazione di misura nei più disparati ambienti e condizioni. La AIU interfaccia tutti i device del sistema e quindi: il ricevitore RF, il DVD drive, il generatore di rumore, le varie interfacce USB, il modem GSM e quanto altro.

Per quanto riguarda il software a parte ovviamente l'implementazione degli algoritmi e delle rappresentazioni precedentemente descritte, e di molte altre non citate in questa relazione, il sistema permette di pianificare le misure in tre diverse modalità: a) l'operatore può effettuare una serie di misure e sulla base di queste creare un file da esportare nel database per specificare future misurazioni da effettuare; b) i file di configurazione delle misure da effettuare possono essere compilati su un sistema esterno e caricati su AIMS per la esecuzione delle misure, che ricordiamo vengono sempre memorizzate sul supporto DVD; c) il DVD è portato su personal computer dove viene eseguito il software e gli algoritmi atti a compilare i necessari rapporti inclusi di grafici. Ovviamente, come facilmente immaginabile, nell'utilizzo della prima versione del sistema AIMS sono state individuate diverse richieste software che dovranno essere prese in considerazione nella fase successiva.

### 3.3.4 Realizzazione del sistema AIMS II°: caratteristiche principali

La seconda è tecnicamente più importante fase del progetto AIMS è stata conclusa nel marzo del 2007, ed è stata sempre affidata alla MASS Consultant ltd. Il sistema di misura è stato totalmente riprogettato per quanto riguarda l'hardware e arricchito di funzioni software. Nella figura seguente è riportato il sistema AMS definitivo.



Figura 3 - 10 : Il sistema AMS II° definitivo del 2007

In questa sua versione il sistema è capace d eseguire le seguenti attività:

- Misurare il livello di interferenza e l'occupazione delle bande di spettro;
- Misurare automaticamente la utilizzazione dello spettro;
- Misurare il Man-Made Noise (MMN) secondo le raccomandazioni internazionali;
- Produrre in modo automatico i necessari documenti di report;
- Eseguire diagnostica interna e test status e riferire vis SMS;
- Capacità in funzionare con diversi set di antenna tra cui il nuovo AIU (antenna interface unit).

Il sistema è stato utilizzato per lunghi periodi su tutti i 39 siti del territorio inglese provando così come la strumentazione possa essere lasciata al lavoro per lunghi periodo in modalità unattended, e producendo risultati e documentazione di immediata fruibilità e utilizzo.

Uno dei nuovi tipici report che produce AIMS è il seguente, dove è riportato sia il valore di White Gaussian Noise (WGN), sia il valore di Interferenza plus Noise (I+N), sia ovviamente la potenza totale.

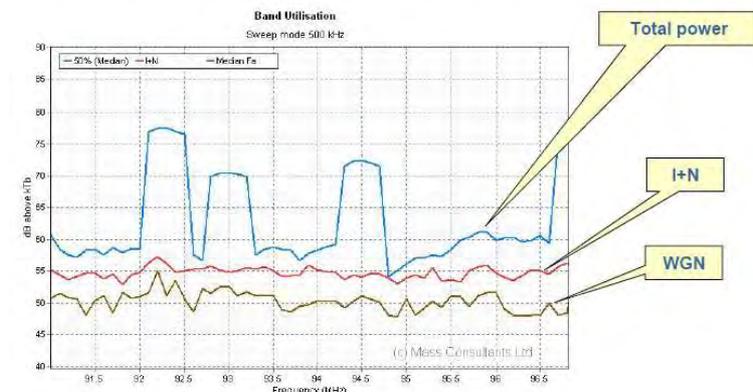


Figura 3 - 11 : Un esempio di misura di interferenza

Grazie a questo semplice ma unico sistema di misura Ofcom è in grado di eseguire i suoi compiti di Spectrum Trading e di Spectrum Usage Right. Una volta familiarizzato con il problema e avuto un quadro dello spettro nel paese si è potuto portare avanti ulteriore ricerca nelle metriche per la misura dell'interferenza. Si è così proposta una nuova misura di Ambient Interference Level (AIL) che fornisce una misura del livello di interferenza ai servizi che esclude la interferenza co-canale e di canali adiacenti. Un'altra attività di ricerca importante è stato l'algoritmo per la misura del WGN, sistema che è stato sottoposto all'ITU per la definizione di uno standard, o meglio per l'aggiornamento della ITU-R P.372.

Senza entrare nel dettaglio dei risultati, riportati in dettaglio nei rapporti di progetto, riportiamo solo alcune curiosità. Un sorprendente scarso utilizzo di WLAN specialmente nel centro di Londra (il cui scarso livello però potrebbe essere attribuito ai dispositivi di scarsa potenza). Dalle misure del 2003 (5.7%) si è passati nel 2007 al 14.3% che dimostra sicuramente una diffusione delle WLAN ma anche uno spettro ancora più che scarsamente utilizzato. Al termine della seconda fase progetto quindi le principali nuove caratteristiche del sistema sono:

- Capacità di misurare il livello di I+N nelle bande di spettro occupate per tutte le modulazioni di interesse;
- Un nuovo sistema per misurare e calcolare la utilizzazione delle bande attraverso le variazioni nel tempo della potenza in un canale, anche al fine di controllo delle bande LE;
- Introduzione e miglioramento della misura Man-Made-Noise (MMN) sia per il caso di sorgenti assimilabili a White Gaussian Noise (Fa), sia per il caso più complesso di rumore impulsivo;
- Il sistema hardware è stato ridotto di dimensione, reso più robusto e facilmente trasportabile;
- La interfaccia del sistema e le sue capacità di reporting sono state ampiamente migliorate permettendo un suo utilizzo per lunghi periodi anche sotto il moderato controllo di operatori.

### 3.3.5 Alcuni esempi di misure

Molto brevemente, al fine di evidenziarne la efficacia e le potenzialità, si descriveranno e mostreranno in seguito alcune misure operate dal sistema AIMS come descritto nella relazione finale del progetto. Per ovvi motivi si è qui operata una selezione molto forte, e si rimanda il lettore interessato allo studio finale del progetto e alla letteratura il questo riportata. Per lo stesso motivo altre interessanti sezioni del rapporto, quali specifiche tecniche, descrizione degli algoritmi di misura, descrizione dei siti di misura rurali e urbani, risultati della campagna di misura, ecc. non sono affatto riportati in questo documento.

### 3.3.5.1 Misure di Interferenza

L'organismo controllore deve essere in grado di valutare la qualità dello spettro, o meglio delle sue bande, senza disturbare nessuno dei possibili servizi in essere nella banda stessa. La misura I+N è una delle misure più utili che può essere utilizzata nei processi di valutazione della qualità dello spettro. AIMS è in grado di misurare la potenza I+N in uno specifico canale di comunicazione per una amplissima tipologia di modulazioni sia analogiche, sia digitali. Grazie a questo sistema infatti l'operatore può facilmente rimuovere il contributo della/e portanti e studiare la natura dello spettro sottostante rimanente. Al fine di coprire la più ampia e interessante gamma spettrale il sistema in questa seconda fase è stato utilizzato per monitorare quelle bande dove in prospettiva vi possa essere maggior interesse e attività economica, ovvero la UHF per le tv, la 3G/3G per i cellulari, le banda UWB per le future attività 4.2-4.8 GHz e 6-7 GHz, e infine le bande dove è noto sussistere il problema ovvero per la banda radio AM/FM. Il set di antenne utilizzate è il medesimo sia per i siti rurali, sia per quelli urbani, come mostrato nella figura seguente. Ovviamente la selezione dei siti deve essere operata seguendo determinate regole sia tecniche sia topologiche e/o statistiche. Ad esempio le antenne non devono essere in prossimità di possibili sorgenti interferenti, si deve utilizzare sempre l'intero set di antenne disponibili, si deve registrare il monitoraggio per almeno cicli di 24 ore, si deve registrare oltre all'I+N anche altre misure, come descritto precedentemente, ed in particolare la potenza totale. È bene infine ricordare nuovamente che questo è uno degli obiettivi principali del progetto AIMS e a tal fine si è scelto di sviluppare un algoritmo robusto e efficace capace di operare indistintamente su tutti i tipi di modulazione. L'algoritmo "subspace-based" è descritto in una delle appendici del rapporto.



Figura 3 - 12 : Antenne del sistema AIMS in un sito rurale e urbano

Il sistema realizza in modo automatico e sommario un report nel periodo misurato sia per il valore I+N, sia per la potenza totale.

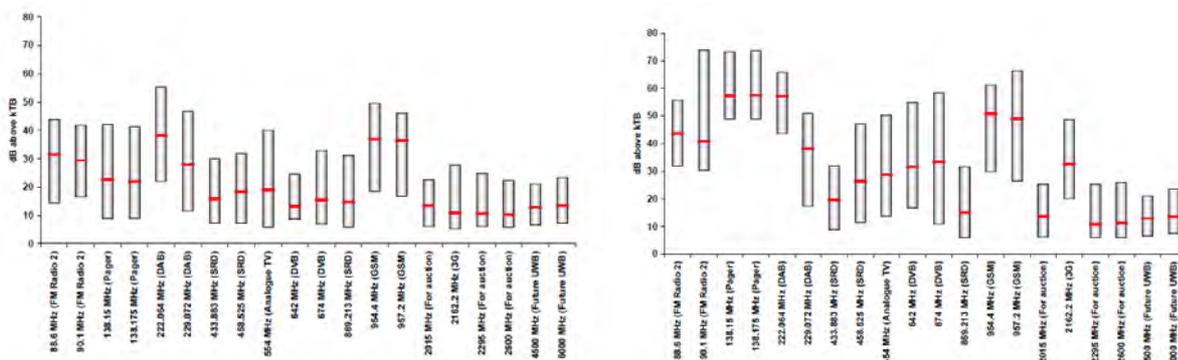


Figura 3 - 13 : Esempio di valori I+N (sinistra) e potenza totale (destra): mediana e decile

Nel grafico si riportano i valori, per ciascuna banda, di tutti i siti di misura. La variabilità del decile intorno alla mediana è significativa delle differenze tra sito e sito piuttosto che delle variazioni di I+N ad un sito dove invece il valore non cambia sostanzialmente. Dalle misure di potenza totale si può invece facilmente inferire come il determinato servizio stia utilizzando le frequenze piuttosto che si stiano oltrepassando i limiti massimi di potenza consentiti.

Ritorniamo ora alla proposta misura AIL e alle misure normate come il WGN. Se consideriamo i valori della figura precedente e li rappresentiamo diversamente come segue, ovvero su un asse logaritmico, si vede chiaramente come sia possibile tracciare il valore di AIL che fitta tutte le mediane del I+N.

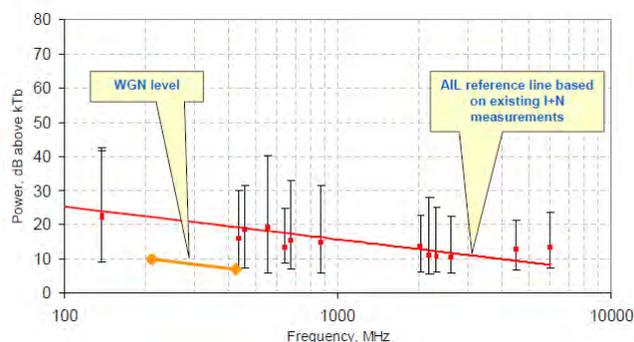


Figura 3 - 14 : Esempio di valori I+N su asse logaritmico: valore di AIL e WGN

Nella stessa figura si vede il valore WGN stimato secondo la ITU-R P.372. Da un confronto è chiaro allora come il valore AIL possa considerarsi un fattore significativo della rappresentazione della qualità dello spettro e come questo possa essere alla base di una metrica di valutazione, anche migliore di quella normata. Infatti il valore di AIL può essere misurato a frequenze molto maggiori di quelle del WGN, tipicamente di un ordine di 10dB sopra Fa, e la sua misura non è vincolata alla individuazione di frequenza un bande poco rumorose.

Dalla esperienza di una prima campagna di misure sono derivabili le seguenti osservazioni:

- Il valore della mediana di I+N tende a decrescere con la frequenza, conformemente a quanto ci si aspetta dalla teoria e alla misura WGN;
- Quando mediato su un sufficiente numero di siti il valore mediano di I+N si allinea coerentemente alla traccia di AIL, confermando la validità e superiorità di questa misura;
- La ampia variazione del decile, specialmente alle basse frequenze, è dovuta alla variazione di misura tra sito e sito piuttosto che internamente ad un unico sito. In molti casi è presumibile che questa sia dovuta alla variazione delle attività umane durante i diversi archi temporali;
- Solo due tipologie di segnali, il DAB e il GSM, sembrano non allinearsi con le misure precedenti. L'attuale non adattamento della misura AIL a queste tipologie di trasmissione è probabilmente dovuta a forti valori di interferenza tra canali adiacenti (ACI adjacent channel interference) e di interferenza co-canale (CCI co-channel interference) valori entrambe fortemente variabili a seconda della quantità dell'uso del servizio;
- La variazione della copertura, desumibile dalla potenza totale, per molti dei servizi di comunicazione è molto ampia. Se per le tecniche analogiche questa è dovuta a offset delle diverse trasmettenti, nel caso di tecniche analogiche è invece dovuta proprio alla scarsità di copertura in alcune aree.

In conclusione per quanto riguarda AIMS II° e le misure di interferenza si può dire che il nuovo l'algoritmo è stato ampiamente utilizzato sul territorio con successo, e che dalle misure effettuate la proposta misura di AIL si dimostra un potente e significativo strumento di caratterizzazione della qualità dello spettro. Unica eccezione sembrano essere quelle tipologie di servizi che variano molto a seconda dell'utilizzo da parte degli utenti (e.g. GSM) ovvero in tutti quei casi in cui si hanno alti valori di ACI e CCI. Una seguente versione dell'algoritmo sviluppato si propone di eliminare tale inconveniente semplicemente considerando ACI e CCI come portanti e quindi escludendole nelle misure di interferenza.

### 3.3.5.2 Misure di LE (License-Exempt)

È questa in realtà una delle più importanti, se non la più importante, attività del sistema AIMS. La domanda e l'utilizzo delle frequenze LE è infatti in vertiginosa crescita da un lato, mentre dall'altro risulta uno dei mercati meno monitorati nonostante sia evidente una sua congestione in molti casi. Nel dettaglio due interi volumi del rapporto Ofcom sono dedicati a descrivere i risultati di questa campagna conclusasi nel febbraio del 2007. L'intervallo in analisi va dai 100 MHz ai 10.6 GHz, ma la divisione in

17 bande è stata fornita da Ofcom che ha provveduto a unificare le bande con forte sovrapposizione ed in particolare quella a 2.4 GHz e 5 GHz.

La raccomandazione ITU-R SM 1046-1 definisce la Spectrum Utilisation Efficiency (SUE) come il rapporto tra informazione e il prodotto di larghezza di banda, spazio e tempo. Il SUE è più spesso rapportato ad un valore di SUE standard ottenendo così un più significativo valore di Relative Spectrum Efficiency (RSE).

$$SUE = \frac{\text{Information}}{\text{Bandwidth} \cdot \text{Space} \cdot \text{Time}}$$

$$RSE = \frac{SUE}{SUE_{\text{Standard}}}$$

Più dettagliatamente una metrica di RTU (Relative Time Utilisation) è introdotta combinando le curve di distribuzione cumulative delle misure operate in un canale al fine di stimare la probabilità di superamento di un rumore adattativo. Infine la RTFU (Relative Time & Frequency Utilisation) è calcolata combinando le funzioni di distribuzione cumulative su tutte le iterazioni e su tutti i canali della banda in misura. Molto importante è la definizione di una soglia variabile e quindi della proposta metrica. Infatti una soglia fissa non potrebbe dare risultati significativi proprio perché il rumore ambientale è troppo diverso tra i diversi luoghi e per le diverse bande. Per questo la soglia viene definita di volta in volta ad un valore a +3dB rispetto al rumore di fondo stimato. Ovviamente tale metodo risulta problematico qualora non si sia in grado di stimare il rumore di fondo. Sperimentalmente questi casi si verificano molto raramente e possono, se necessario, essere risolti manualmente. Pertanto la potenza totale non è importante per il calcolo della RTFU, a meno che questa non sia sopra soglia. Solo la potenza è sopra soglia un una determinata rappresentazione tempo/frequenza all'ora quella misura è integrata nella misura. Altre più complesse rappresentazioni come la Band Utilisation Plot (BUP), e la Band Diurnal Variation (BDV) sono integrate in AIMS e forniscono rispettivamente una dettagliata figura delle variazioni di potenza nella banda in funzione delle frequenze e in funzione del tempo. Ma più banalmente una semplice rappresentazione del RTFU come nella figura seguente è già in grado di fornire molte informazioni.

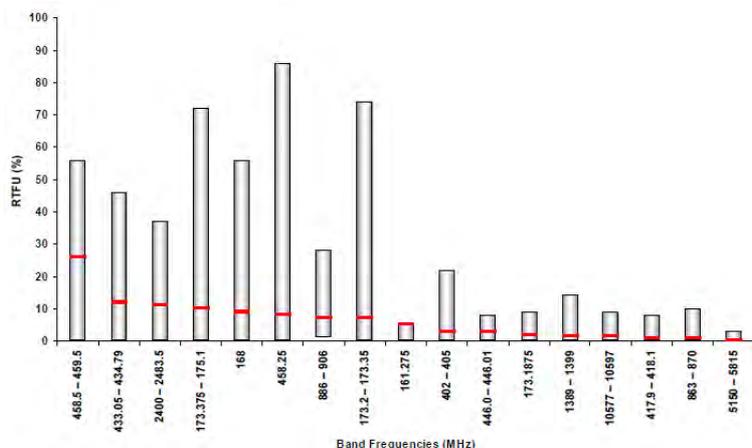


Figura 3 - 15 : Utilizzazione di LE mediato su tutti i siti e ordinato decrescente

Si evince infatti come mediamente LE sia scarsamente utilizzato. Il valore più alto, pari al 26%, si ha nella banda 458,5 Mhz che include sistemi come POS (point of sale), sistemi di allarme, sistemi di monitoraggio ambientale, sistemi per autoveicoli, ecc., e già il secondo valore (a 433MHz) scende al 12%. Nella banda di grande interesse dei 2.4 GHz il valore di RTFU è soltanto del 11% e questo, come già anticipato, è sorprendente ma coerente con le misure di precedenti campagna fatte con l'AIMS di prima versione. Osservando le variazioni, ovvero i massimi, si nota come il valore di RTFU vari molto tra i diversi siti di misura, anche su alcuni siti con valori percentuale molto bassi di RTFU.

In conclusione lo studio delle LE con la metrica proposta ha mostrato come queste sia scarsamente utilizzate. La banda più vivace è quella dai 458.5 ai 459.5 Mhz ha mediamente un utilizzo del 26% e in un sito di misura raggiunge il notevole valore del 86%. Molto sorprendente è lo scarso utilizzo delle LE per le WLAN anche in quelle zone dove aprioristicamente ci si potrebbe aspettare un grande utilizzo come i centri delle città industriali e commerciali come Londra. In generale si è in grado di ottenere una

chiara visione dello stato di utilizzo e della qualità dello spettro necessari non solo a monitorare ma anche a pianificare eventuali futuri usi di questa preziosa risorsa.

### 3.3.5.3 Misure di Man Made Noise (MMN)

Iniziamo con il dire che lo sviluppo di questa parte delle misure è stato autonomamente e diversamente sviluppato nello stesso periodo anche dalla German Federal Network Agency (Bundesnetzagentur). L'analisi con il sistema AIMS e con quello tedesco, profondamente diversi sia come hardware sia nell'utilizzo degli algoritmi, ha tuttavia mostrato nella misura del MMN nelle bande VHF e UHF misure totalmente compatibili e che si discostavano al massimo di 1.4 dB. Questo sorprendente risultato comparativo ha fatto sì che entrambi le soluzioni siano state sottoposte a standardizzazione ITU-R.



Figura 3 - 16 : Il sistema di misura del Bundesnetzagentur posizionato al sito Baldock

Ricordiamo che per le bande VHF e UHF il Man Made Noise risulta la principale componente di interferenza elettromagnetica, e che a oggi le misure di caratterizzazione vengono operate secondo la raccomandazione ITU-R P.372 che focalizza l'attenzione sulla componente WGN del MMN, trascurando di fatto le interferenze dovute a sistemi impulsivi che nello scenario attuale invece assumono una importanza sempre crescente.

La tipica situazione descritta nella raccomandazione ITU-R, che può essere ben descritta dalla seguente figura, risulta infatti secondo diversi studi obsolete e necessaria di un aggiornamento.

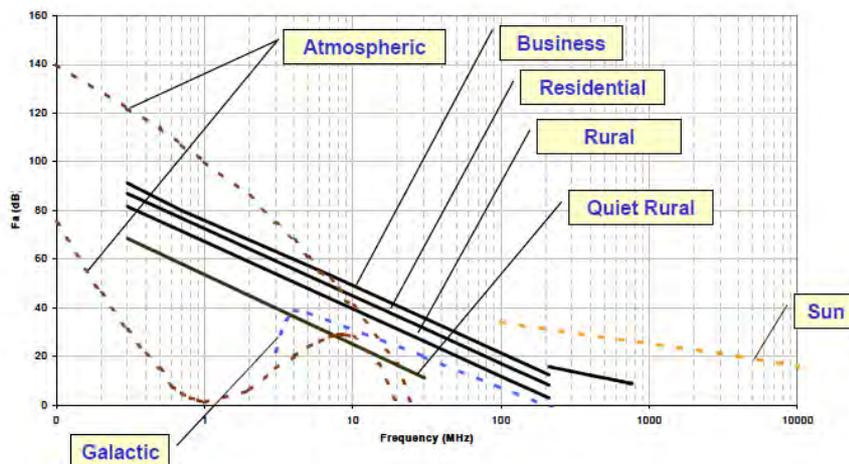


Figura 3 - 17 : Tipici valori di MMN secondo la ITU-R P.372

Le campagne di misura sono state effettuate su 33 siti, per ciascuno la figura di rumore  $F_a$  è stata misurata sull'arco delle 24 ore a 209.5 e 425 MHz. La raccomandazione ITU non permette

caratterizzazione sopra i 200 MHz dove invece va in aiuto il sistema AIMS. In particolare Ofom ha investigato le frequenze di 209.5, 293, 371, e 425 Mhz. Scopo principale di questa attività è stato definire un unico approccio standard alla misura del MMN e al suo monitoraggio. Tra le indicazioni definite troviamo le seguenti:

- Definire il sito di misura secondo le necessità ma lontano da ogni possibile sorgente di interferenza.;
- Utilizzo di antenna polarizzata verticalmente ad un livello di circa 1.5 metri;
- Filtrare correttamente tutti i collegamenti al fine di eliminare tutti i segnali fuori banda;
- Registrare, se possibile, sempre per intervalli non inferiori alle 24 ore.

Anche la parte di misura del WGN è stata completamente rivista nel sistema AIMS che oltre a potenziare l'algoritmo in modo da renderlo efficace anche in presenza di segnali deboli, ha introdotto ulteriori misure per i rumori impulsivi come l'estrazione di Weibull dalla distribuzione di probabilità dell'ampiezza (ADP's Weibull), la distribuzione di ampiezza del rumore (NAD Noise Amplitude Distribution), la distribuzione di intervallo degli impulsi (PID Pulse Interval Distribution), la distribuzione di durata degli impulsi (PDD Pulse Duration Distribution) e infine la distribuzione di ripetizione degli impulsi (PRF Pulse Repetition Distribution).

Una sommaria evidenza dei risultati è riportata nelle seguenti figure.

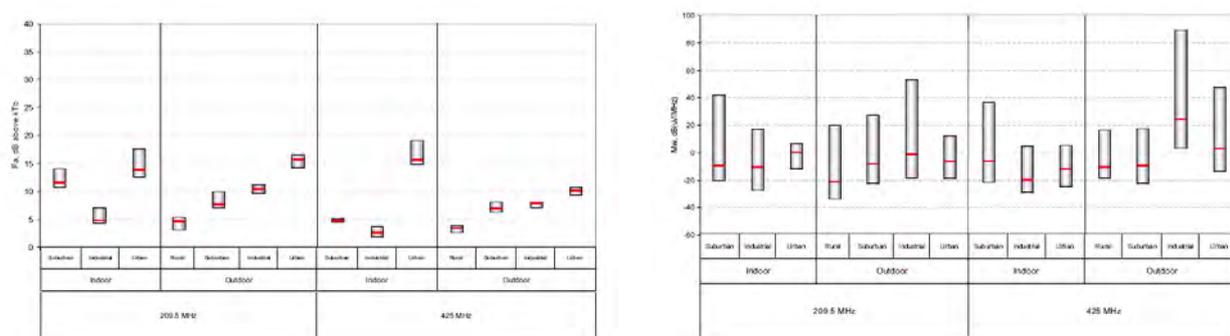


Figura 3 - 18 : Fa (sinistra) e Mean Impulsive Noise Power Mw (destra) nei diversi contesti

Si evince quindi che il MMN porta ad un valore di Fa più basso a 425 MHz rispetto l'altra banda di riferimento di 209.5 Mhz; nel caso di misure outdoor i siti rurali mostrano i valori minori mentre gli urbani i valori maggiori; per i casi indoor invece sono mediamente più alti degli outdoor e comunque più alti a 209.5 Mhz che a 425 Mhz. Per quanto riguarda invece il rumore impulsivo risulta evidente la presenza di una forte variabilità in tutti i diversi scenari e contesti; i sito industriali outdoor mostrano i valori più alti mentre i rurali i più bassi; non vi è significativa differenza tra i valori indoor e quello outdoor. Ulteriori e più dettagliate considerazioni, specialmente per quanto riguarda il parametro Mw relativo alla media dei rumori impulsivi e il parametro Sw relativo alla loro deviazione standard, nonché alla loro relazione funzionale anche secondo Weibull sono riportate nel rapporto finale del progetto.

### 3.3.5.4 Alcune conclusioni sulle misure di AIMS II°

Nella seconda fase del progetto il sistema AIMS è stato completamente rivisto per quanto riguarda l'hardware divenendo più compatto e trasportabile, nonché maggiormente autonomo e adatto a misure automatiche non assistite. Queste caratteristiche sono state provate anche grazie ad un intensivo utilizzo su tutto il territorio dell'isola britannica.

I due anni di lavoro oltre a migliorare la strumentazione e le metodologia di misura hanno prodotto anche grandi passi in avanti nella conoscenza del problema nei sui diversi aspetti del problema della interferenza, di monitoraggio dell'utilizzo dello spettro e del Man-Made Noise.

Per quanto riguarda il problema dell'interferenza si è sviluppato un nuovo sistema capace di misurare il valore di I+N su tutto lo spettro e per tutte le diverse modulazioni; si sono anche considerate misure di interferenza specifiche per una determinata banda e modulazione introducendo la efficace misura di AIL (Ambient Interference Level); tale misura di AIL si è dimostrata alternativa e ancor più valida e adattabile della più classica e standard misura di WGN.

Per quanto riguarda il monitoraggio dell'utilizzo dello spettro si è introdotta la misura RTFU come indicatore dell'utilizzo della banda che si è rilevato semplice e risolutivo in un ampio insieme di condizioni, non ultima per il monitoraggio delle frequenze LE; per inciso il monitoraggio delle LE ha mostrato che queste sono scarsamente utilizzate con un valore medio tra il 10 ed il 20%, con un massimo assoluto di utilizzo del 86%; infine la utilizzazione della banda a 2.4 GHz è più che raddoppiata nell'arco di tre anni pur rimanendo a valori intorno al 15% nel 2006.

Per quanto riguarda il MMN si è visto come la misura della componente WGN è possibile e conforme alle normative nonché compatibile con i sistemi di misura adottati da altre nazioni; la misura del WGN risulta ora possibile anche per campi molto deboli semplificando molto i processi e le campagne di misura; al contrario la misura del rumore impulsivo si è dimostrata piuttosto complicata anche a causa delle loro forti variazioni e pertanto non si è trovata alcuna correlazione tra i valori di  $F_a$  e  $M_w$ ; attraverso un fitting di Weibull si riesce tuttavia ad avere una buona stima del livello del rumore impulsivo anche se per tale misura si richiede una grande quantità di dati. Dai risultati ottenuti in questa seconda fase di sviluppo del sistema AIMS si può in conclusione ritenere vincente l'approccio adottato da Ofcom sia per quanto riguarda il raggiungimento degli obiettivi preposti, sia per aver utilizzato una strategia che prevedeva il raggiungimento dei medesimi attraverso più (due o meglio 3) fasi del progetto.

## 4 Metodologie per le verifica della qualità “tecnica” del segnale video

Nel panorama dei servizi televisivi la TV ad Alta Definizione rappresenta un elemento importante di innovazione e di incremento dei livelli di qualità forniti all’utente finale.

Quindi in presenza di un segnale di qualità decisamente superiore rispetto alla TV a definizione ordinaria, si rende necessario introdurre dei sistemi di verifica della qualità tecnica del segnale video che permettano la misurazione automatica di quanto percepito dall’utente finale.

In questo capitolo si illustra una metodologia di lavoro impiegata per la misurazione tecnica della qualità video di un segnale ad Alta Definizione.

Questa misurazione si è articolata in una campagna di prove soggettive formali i cui risultati hanno permesso di realizzare un prima verifica delle prestazioni di un sistema di misurazione automatica della qualità di programmi ad Alta Definizione realizzato dalla Fondazione Ugo Bordoni in collaborazione con RAI e con il dipartimento INFOCM della Facoltà di Ingegneria dell’Università la Minerva (Roma).

La prima campagna di prove soggettive qui descritta rappresenta la prima fase di impostazione e sviluppo della metrica di valutazione oggettiva; una successiva seconda campagna di test, di maggiori dimensioni, permetterà una verifica maggiormente accurata delle prestazioni della metrica oggettiva, mediante tecniche di confronto di tipo “blind”. Sulla base di queste considerazioni, i test descritti nel seguito hanno dimensioni contenute, per poter essere svolti in tempi ragionevolmente brevi, anche se sono stati effettuati su un set di materiale video HDTV rappresentativo dei casi di maggiore interesse per un broadcaster.

### 4.1 Criteri di selezione del materiale video

La RAI ha messo a disposizione, presso la Fondazione, per gli esperimenti un *server video* HDTV e due *display* di diversa tecnologia: LCD e CRT. Sul server video la RAI ha fornito circa 200 sequenze HDTV, da selezionare per i test, della durata di 10 secondi, codificate con diversi algoritmi e diversi tassi di compressione utilizzando i sistemi di codifica attualmente di maggiore interesse. Il materiale video è stato analizzato in funzione del tasso di visibilità degli *impairments* introdotti dai codificatori nelle sequenze ed è stato scelto per il test un gruppo di 36 sequenze HDTV, che rappresenta il materiale sottoposto a test di valutazione soggettiva formale.

Il materiale selezionato per il test comprende quattro diverse sequenze HDTV ognuna codificata secondo 8 differenti algoritmi e/o tassi di compressione, più il caso di assenza di codifica che permette di confrontare la sequenza originale con se stessa. In figura 1 viene mostrata la matrice riassuntiva dei 36 casi considerati nel test.

		<i>RAI</i>	<i>Football</i>	<i>Flags</i>	<i>Crowd</i>
		<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>
<i>MPEG-2 – a</i>	<b>A1</b>	×	×	×	×
<i>MPEG-2 – b</i>	<b>A2</b>	×	×	×	×
<i>MPEG-2 – c</i>	<b>A3</b>	×	×	×	×
<i>AVC – a</i>	<b>A4</b>	×	×	×	×
<i>AVC – b</i>	<b>A5</b>	×	×	×	×
<i>JPEG 2000 – a</i>	<b>A6</b>	×	×	×	×
<i>JPEG 2000 – b</i>	<b>A7</b>	×	×	×	×
<i>AVC - 6 Mbps</i>	<b>A8</b>	×	×	×	×
<i>Originale vs originale</i>	<b>A9</b>	×	×	×	×

Figura 4.19 – Sequenze e tecniche di codifica considerate nel test

### 4.2 Protocollo di valutazione soggettiva formale

Nel caso di immagini di elevata qualità, come il materiale HDTV preso in considerazione, letteratura scientifica ed enti di normativa internazionale suggeriscono l’utilizzo nei test del protocollo di valutazione DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale) [1], introdotto nella

Raccomandazione ITU-R BT 500 con lo scopo di valutare materiale in cui siano presenti livelli di qualità molto elevati; ovvero nei casi in cui la differenza fra l'originale ed il codificato è piccola e di non facile rilevazione.

Il protocollo DSCQS si basa sull'utilizzo del metodo della doppia valutazione, che richiede al soggetto valutatore di giudicare separatamente due sequenze successive, di cui una è quella originale e l'altra quella codificata. Tale approccio permette di limitare gli effetti di un fastidioso problema osservato, per cui, proprio nei casi di lievi differenze fra originale e codificato, il contenuto della sequenza e/o le sue caratteristiche di ripresa intervengono come elemento predominante nel giudizio di qualità. Questo rende molto complicato interpretare i risultati delle valutazioni. Quindi giudizi separati servono a "stratificare" l'effetto del degrado dovuto alla codifica con gli eventuali effetti dovuti al gradimento che ogni singolo soggetto valutatore può avere nei confronti di una determinata sequenza video.

Seppure il metodo DSCQS ha dimostrato negli anni la sua affidabilità ed efficacia, esso presenta un elevato tasso di impegno per i valutatori, che spesso tendono a diminuire il grado di concentrazione all'avanzare del test. Questo impegno è dovuto alla richiesta di eseguire due valutazioni contemporanee ma al tempo stesso distinte, e all'impiego della scala di valutazione di Likert a cento livelli (come approssimazione di una "scala continua" di qualità).

### 4.3 Protocollo "Double Stimulus Unknown Reference" (DSUR)

Tenendo conto di queste problematiche, in Fondazione Bordoni, nel 2004, è stato messo a punto ed impiegato con successo, in ambito MPEG (Moving Picture Expert Group), per i test di "competizione" finalizzati alla scelta delle tecnologie da inserire nello standard di codifica SVC (Scalable Video Coding), un nuovo protocollo di valutazione soggettiva formale, il Double Stimulus Unknown Reference (DSUR), che è quello impiegato nella presente campagna di prove soggettive.

Il nuovo protocollo, derivato dal DSCQS, introduce due elementi innovativi tesi a superare i problemi di eccessivo "sforzo" dei valutatori: vengono presentate due versioni di una stessa sequenza video (della durata di 10 secondi), in cui una è l'originale (Source-SRC) e l'altra è quella codificata (Processed Video Sequenze-PVS), ma viene richiesto un solo voto; viene introdotto un *task* cognitivo con lo scopo di mantenere elevata la concentrazione e previsto il confronto della sequenza originale con se stessa, per verificare la coerenza delle risposte dei soggetti valutatori.

L'ampia sperimentazione ha mostrato che l'impiego del protocollo DSUR consente un miglior utilizzo della dinamica della scala di qualità da parte dei soggetti valutatori ed una più efficiente discriminazione degli algoritmi sottoposti a test.

### 4.4 Modalità di presentazione delle immagini

Nel protocollo DSUR (come in quello DSCQS), la presentazione del materiale da valutare si articola secondo lo schema mostrato in Figura 4.20:

- 1 sec. schermo grigio per avvertire che la presentazione sta per iniziare
- 1 sec. lettera "A" su sfondo grigio
- 10 sec. prima sequenza video che potrà essere SRC o PVS (l'ordine di presentazione varia in modo casuale)
- 1 sec. lettera "B" su sfondo grigio
- 10 sec. seconda sequenza video, che sarà PVS o SRC
- 1 sec. lettera "A\*" su sfondo grigio
- 10 sec. la stessa sequenza presentata dopo la lettera "A"
- 1 sec. lettera "B\*" su sfondo grigio
- 10 sec. la stessa sequenza presentata dopo la lettera "B"
- 4 sec. messaggio "Vota N" su sfondo grigio

dove "N" rappresenta un numero progressivo che permette al soggetto valutatore di seguire l'evoluzione temporale dell'esperimento e di utilizzare in modo appropriato il foglio di votazione.



Figura 4.20 – Esempio di presentazione di una sequenza BTC nel protocollo DSUR

La presentazione sopra descritta rappresenta una *Basic Test Cell* (BTC); ogni BTC premette di eseguire la valutazione di una sequenza sottoposta a test. La presentazione di BTC procede fino a quando tutte le sequenze da valutare sono state proposte ai soggetti valutatori.

#### 4.5 Istruzione dei soggetti valutatori e task cognitivo

Il protocollo DSUR si differenzia essenzialmente dal DSCQS nelle istruzioni impartite ai soggetti valutatori che implicano l'esecuzione della valutazione della qualità video unitamente ad un compito (task) "cognitivo".

Ai soggetti valutatori viene spiegato come evolverà la presentazione delle sequenze da valutare, informandoli che in ogni BTC vengono presentate con ordine casuale due versioni di una stessa sequenza video: originale (SRC) e codificata (PVS).

Durante la prima presentazione (quella che segue le lettere "A" e "B") i soggetti valutatori devono eseguire il task cognitivo: osservare le sequenze video e decidere quale delle due è SRC e quale è PVS.

Durante la seconda presentazione (quella che segue le lettere "A\*" e "B\*") i soggetti valutatori devono eseguire una valutazione di qualità delle sequenze atta ad indicare se ed eventualmente di quanto il PVS è peggiore del SRC.

#### 4.6 La scala di valutazione

Come già accennato, uno dei maggiori inconvenienti riscontrato nella conduzione di test soggettivi con il metodo DSCQS è rappresentato dalla difficoltà, spesso messa in evidenza dai soggetti valutatori stessi, dell'utilizzo della doppia scala continua di qualità.

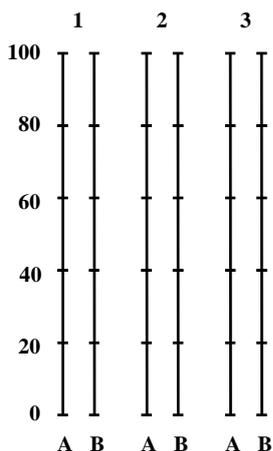


Figura 4.21 – Scala di valutazione a 101 livelli utilizzata nel protocollo DSCQS

In Figura 4.21, viene mostrata la scala di qualità rappresentata con due righelli posti verticalmente e contrassegnati da 0 a 100 per un totale di 101 livelli di qualità; al soggetto valutatore viene richiesto di apporre un tratto su ciascuna scala in funzione della qualità delle sequenze osservate.

Si ritiene che, data la forte concentrazione richiesta dal metodo DSCQS, e data la difficoltà di mantenere memoria di valutazioni eseguite prima di quella in corso, sia difficile per i soggetti valutatori mantenere costante il metro di giudizio durante l'intera durata di una sessione di test (spesso superiore ai 20 minuti) e di non facile attuazione la richiesta di giudizio distinto delle due sequenze presentate, che caratterizza appunto il metodo DSCQS. La richiesta di valutazione indipendente ha lo scopo di ovviare a quei casi in cui le sequenze originali presentano caratteristiche come per esempio il rumore di fondo di tipo puntiforme, che possono essere interpretate dai soggetti valutatori come “difetti”, rilevando un “degrado” di qualità anche negli originali. L'esperienza mostra che difficilmente un soggetto valutatore esprime due valutazioni “totalmente” indipendenti, ma che spesso tende a confrontare le due sequenze video e ad esprimere giudizi “correlati”. Questa impressione risulta in modo chiaro intervistando i soggetti valutatori al termine di una sessione di test.

Per questo motivo nel metodo DSUR è stata proposta una scala di qualità di più semplice utilizzo: la scala di Likert con valori da 1 a 10, dove accanto ai valori numerici vengono posti i cinque aggettivi di qualità definiti nella raccomandazione ITU-R BT 500: Ottimo, Buono, Discreto, Mediocre, Pessimo, come mostrato in Figura 4.22.

		Vota 1	Vota 2	Vota 3
<b>Ottimo</b>	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Buono</b>	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Discreto</b>	6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Mediocre</b>	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Pessimo</b>	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 4.22 – Scala di valutazione del protocollo DSUR

#### 4.7 La fase di addestramento dei soggetti valutatori

Per eseguire un test formale di valutazione soggettiva, la Raccomandazione ITU-R BT 500 suggerisce la partecipazione di soggetti valutatori “non esperti”, che vengono “addestrati” spiegando loro il compito da eseguire e come esprimere un giudizio di qualità. La fase di addestramento consiste in una descrizione dell'esperimento, in una illustrazione del foglio di votazione e nella partecipazione a una sessione di *training* eseguita in presenza dello sperimentatore che riproduce in breve una sessione di test identica a quella che sta per essere svolta.

Durante il *training* i soggetti possono essere guidati nei loro compiti mediante una discussione dettagliata delle modalità di voto da utilizzare. Al termine della sessione vengono incoraggiate domande e chiarimenti. Se necessario è possibile ripetere la sessione di *training*. Per la sessione di *training* lo sperimentatore deve utilizzare materiale diverso da quello che verrà utilizzato nel test reale, ma il *range* di qualità ed il tipo di difetti visivi devono essere il più possibile aderenti a quelli che verranno proposti durante il test vero e proprio.

Nella presente campagna di prove soggettive, sono state impiegate per l'addestramento 5 BTC formate dalle sequenze “Dancer” e “Roses” codificate agli stessi bit rate e con gli stessi algoritmi delle sequenze impiegate poi nella fase di test (vedi Appendice A), proponendo ai valutatori lo stesso foglio di valutazione impiegato nel test.

I valutatori, inoltre sono stati informati sul significato dei livelli della scala di Likert utilizzata per le votazioni:

- il valore 10 indica la qualità massima del PVS, ovvero l'impossibilità di distinguere tra PVS e SRC
- i valori 9 e 8 indicano differenze minime cioè la difficoltà di rilevare differenze tra i due segnali
- i valori 7, 6 e 5 indicano differenze maggiormente evidenti tra SRC e PVS
- i valori 4, 3 e 2 indicano differenze ancora più evidenti tra SRC e PVS, la valutazione dipende dalla diffusione delle differenze nell'area dell'immagine
- il valore 1 indica la qualità minima cioè la differenza massima tra PVS e SRC

#### 4.8 Pre- e post- selezione dei soggetti valutatori

Prima della fase di addestramento, l'accettazione di un soggetto come valutatore è stata subordinata all'esame della vista mediante impiego della scala ottometrica (tavola di Snellen) e a verifica di una corretta visione dei colori (test di Ishihara).

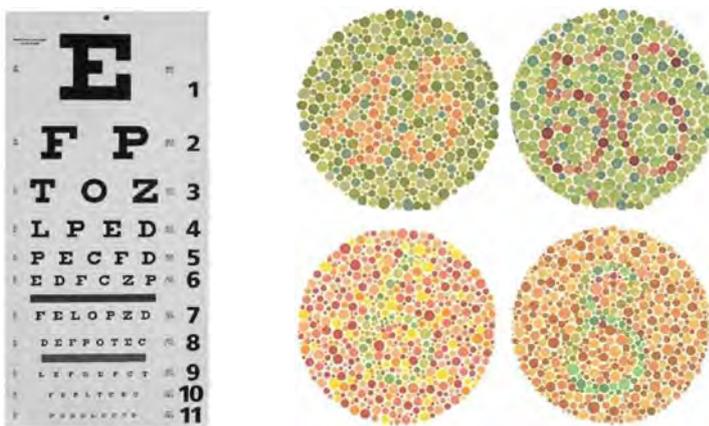


Figura 4.23 – Esempio di tavola di Snellen e di tavole si Ishihara

A risultati acquisiti, i giudizi espressi da ciascun soggetto valutatore vengono sottoposti ad analisi statistica (analisi della varianza), per evidenziare ed eventualmente escludere, comportamenti anomali. Un esempio di questa analisi, molto complessa e lunga da eseguire, è descritta in dettaglio nella Raccomandazione BT 500. Nella presente sperimentazione si è preferito eseguire, sequenza per sequenza ed algoritmo per algoritmo, una più semplice (ma altrettanto efficace) analisi di correlazione fra i singoli voti espressi dai soggetti valutatori e la media generale.

#### 4.9 Progettazione del test

Un importante elemento di progettazione consiste nell'inserimento di una "Stabilization Phase" (SP) all'inizio di ogni sessione di test. Durante la SP vengono mostrate tre BTC contenenti i valori estremi della qualità prevista nel test e un valore intermedio. I casi presentati durante la SP vengono poi ripresentati durante il test. Questo espediente permette, ad ogni soggetto valutatore, la formazione di una propria scala di qualità in tutta la sua dinamica, già dalle prime fasi del test.

Considerando che una BTC ha la durata di 49 secondi, ne risulta che la durata totale del materiale video da valutare è pari a

$$T = (36 + 3) \text{ BTC} \times 49 \text{ secondi} = 1911 \text{ secondi} = 31 \text{ minuti e } 51 \text{ secondi}$$

dove 36 sono le sequenze di test e 3 le sequenze della "Stabilization Phase". Questo tempo risulta superiore ai 30 minuti che la Raccomandazione BT 500 (e la buona pratica) indica come limite massimo della durata di una sessione di prove soggettive. Pertanto il test è stato suddiviso in due sessioni distinte formate da 18 BTC ognuna a cui si aggiungono le 3 BTC della SP.

In questo modo ciascuna sessione risulta di durata pari a:

$$T_s = (18 + 3) \text{ BTC} \times 49 \text{ secondi} = 1029 \text{ secondi} = 17 \text{ minuti e } 9 \text{ secondi}$$

e ad ogni valutatore sono state presentate due sessioni di test intervallate da una pausa.

All'interno di ogni sessione di test, i PVS sono stati mescolati in modo *random* con il vincolo di evitare:

- la consequenzialità di SRC identici
- la consequenzialità di algoritmi identici.

Per limitare l'effetto dell'affaticamento dei soggetti sul processo di valutazione, l'ordine di presentazione delle due sessioni è stato invertito su metà dei soggetti.

#### 4.10 Set-up dell'ambiente di valutazione

La campagna di test è stata condotta nella Sala Prove Soggettive del Laboratorio Video della Fondazione (vedi Figura 4.24), situato al piano seminterrato della sede di via Baldassarre Castiglione. Il locale è ampio (4 x 10 mt) e acusticamente isolato da fonti di rumore esterne. Il pavimento è in moquette e il soffitto è modulare e composto da materiale fono assorbente. La parete di fondo lungo la quale è stato sistemato il display è protetta da un foglio di carta (del tipo impiegato nella fotografia professionale) di colore bianco. Lungo le pareti laterali, sono state sistemate due tende fono assorbenti, atte ad abbattere eventuali riverberi residui causati dal mobilio presente nella sala. Dietro il display è posizionata una lampada al neon a diffusione omogenea, espressamente progettata per creare una fontana luminosa, in grado di generare una luce alla temperatura di 5600° (la scelta di questa temperatura di luce è quella più prossima al set-up cromatico dei monitor TV di tipo professionale). Le lampade utilizzate sono le Philips "Biolux" (a spettro continuo) alimentate con trasformatori ad elevata frequenza di innesco (> 100K Hz); questa scelta permette di evitare battimenti in frequenza fra display a CRT e le lampade al neon con trasformatori a frequenza di rete.

Sono stati utilizzati due display in tecnica di costruzione diversa:

- LCD (Panasonic 23'), grado 2
- CRT (Sony BVM HDTV 19'), grado 1

La sistemazione dei soggetti valutatori di fronte allo schermo è stata disposta a seconda del tipo di display utilizzato mantenendo la distanza di visione di 3H, come mostrato in Figura 4.24.

Il server di gestione del materiale HDTV è stato sistemato nella zona tecnica prospiciente il laboratorio video (dal lato opposto alla parete del display). I due ambienti sono separati da parete con porta dotata di vetro per l'ispezione visiva del laboratorio.

#### 4.11 Fogli di valutazione

L'acquisizione dei voti espressi dai soggetti valutatori è stata eseguita mediante fogli di valutazione. In Appendice A vengono riportati esempi dei fogli impiegati per le sessioni di test e di training.

#### 4.12 Soggetti valutatori

La Facoltà di Scienza delle Comunicazioni dell'Università "La Sapienza di Roma", mediante attribuzione di un credito formativo per la Cattedra di "Teoria e Tecnica dei Nuovi Media", ha permesso la partecipazione come valutatori di circa 50 studenti alla campagna di prove soggettive. Gli studenti prima di svolgere il test hanno seguito un seminario di formazione di una giornata tenuto dalla Fondazione presso l'Università su "La Qualità del Multimedia". Sono stati impiegati un totale di 17 soggetti per valutazioni di qualità su *display* CRT e 18 soggetti per valutazioni su *display* LCD. L'età dei valutatori era compresa fra 23 e 31 anni; 12 di sesso femminile e 23 di sesso maschile.



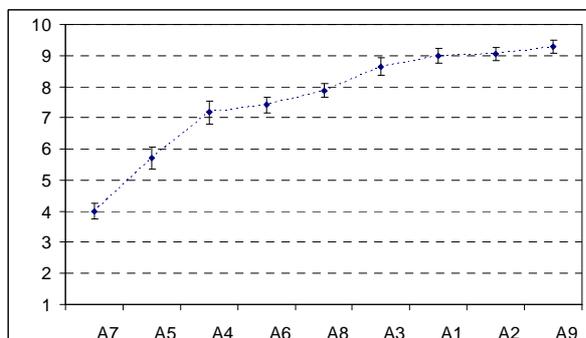
Figura 4.24 – Sala Prove Soggettive

#### 4.13 Analisi dei risultati sperimentali

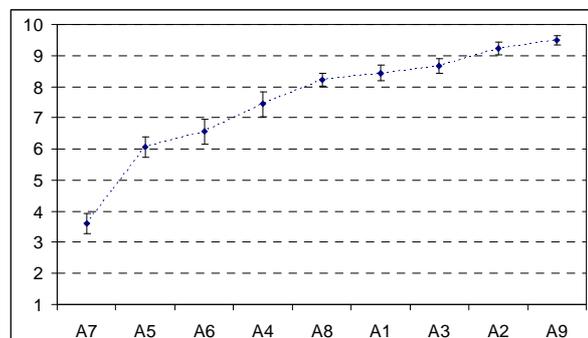
I dati raccolti sui fogli di valutazione sono stati inseriti in un foglio elettronico Excel. Per ognuna delle 36 condizioni di test, riportate in figura 1, sono stati calcolati il valore medio (Mean Opinion Score - MOS), la Deviazione Standard e l'Intervallo di Confidenza (CI) al 95%. I valori MOS e CI calcolati sono riportati in Appendice B.

I risultati, raggruppati per sequenze “source” (S1, S2, S3, S4) e suddivisi per tipo di *display*, sono rappresentati in grafici, al fine di valutare l'influenza di ciascun algoritmo di codifica su ogni sequenza di test. In figura 7 sulla colonna di sinistra sono mostrati i risultati ottenuti per *display* di tipo CRT e su quella di destra per *display* di tipo LCD. Nei grafici l'estensione dell'intervallo di confidenza per ogni singolo valore viene evidenziato da barre verticali.

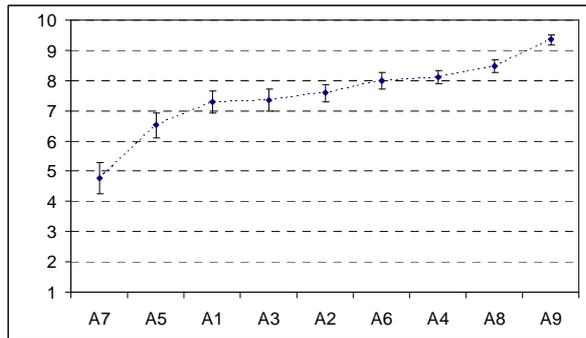
Nei grafici, vengono riportate sulle ascisse i diversi tipi di codifica (A1, A2, A3, ..., A9) ordinate da sinistra verso destra per giudizio di qualità ottenuto, il giudizio di qualità viene invece riportato sulle ordinate in termini di MOS espresso nella scala di Likert a 10 livelli. In corrispondenza di ogni valore MOS viene evidenziato l'Intervallo di Confidenza che gli appartiene. Le linee nei grafici devono essere intese semplicemente come raccordi, l'asse delle ascisse non è graduato e ammette soltanto le 9 posizioni relative alle codifiche.



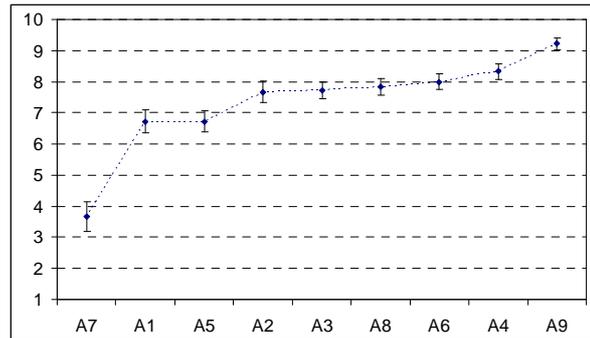
*Sequenza S1 - display CRT - 3H*



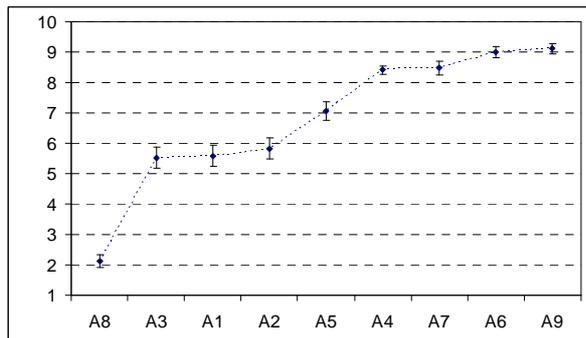
*Sequenza S1 - display LCD - 3H*



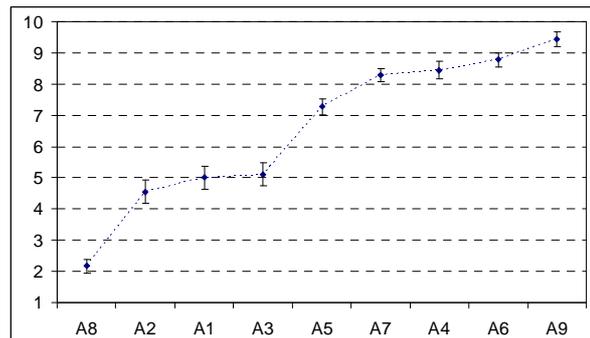
*Sequenza S2 - display CRT - 3H*



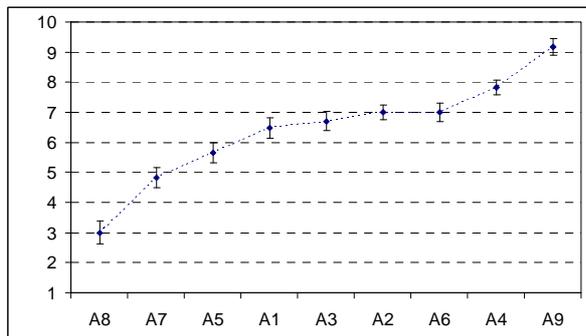
*Sequenza S2 - display LCD - 3H*



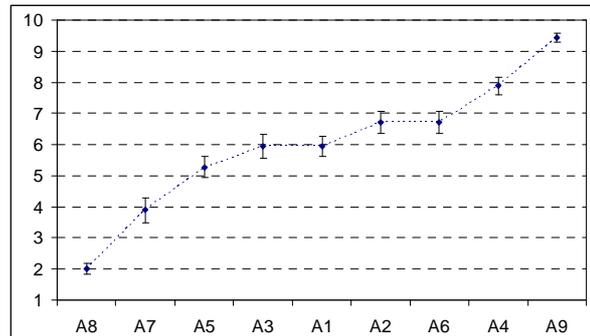
*Sequenza S3 - display CRT - 3H*



*Sequenza S3 - display LCD - 3H*



*Sequenza S4 - display CRT - 3H*



*Sequenza S4 - display LCD - 3H*

Figura 4.7 – Grafici dei valori MOS e CI

Una analisi generale dei risultati ottenuti mostra una situazione abbastanza significativa di misurazione della qualità di sequenze video ad alta definizione. In particolare si può notare che:

- la scelta del materiale video ha permesso un pieno utilizzo della dinamica di voti messa a disposizione dalla scala di valutazione
- gli algoritmi di codifica presi in considerazione rappresentano due tipi di situazioni:
  - o evidente differenza di qualità
  - o qualità sovrapposte (statisticamente non distinguibili)
- forte dipendenza del giudizio di qualità (per lo stesso algoritmo di codifica) in funzione del tipo di materiale (sorgente) video
- comportamento coerente dei soggetti valutatori nel giudicare le sequenze “originali”, con voti tutti superiori al “9”

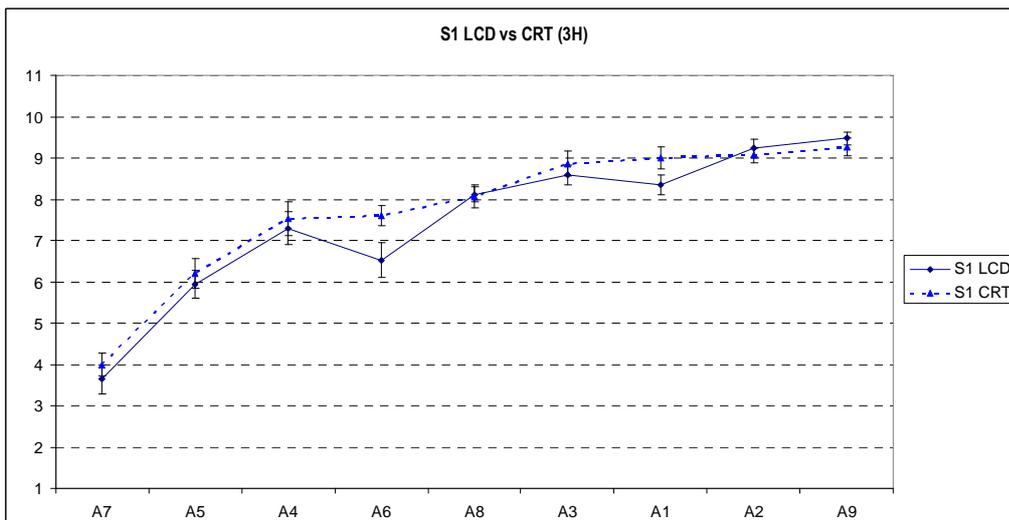
- valori di CI molto contenuti e, di conseguenza, buona capacità di discriminazione fra i vari casi sottoposti a valutazione
- intervistando i soggetti valutatori al termine del test non sono stati riscontrati commenti negativi riguardo al livello di fatica e alla conseguente perdita di concentrazione
- nessun valutatore è stato scartato a seguito dell'analisi dei dati di valutazione espressi.

#### 4.14 Confronto fra display di diversa tecnologia

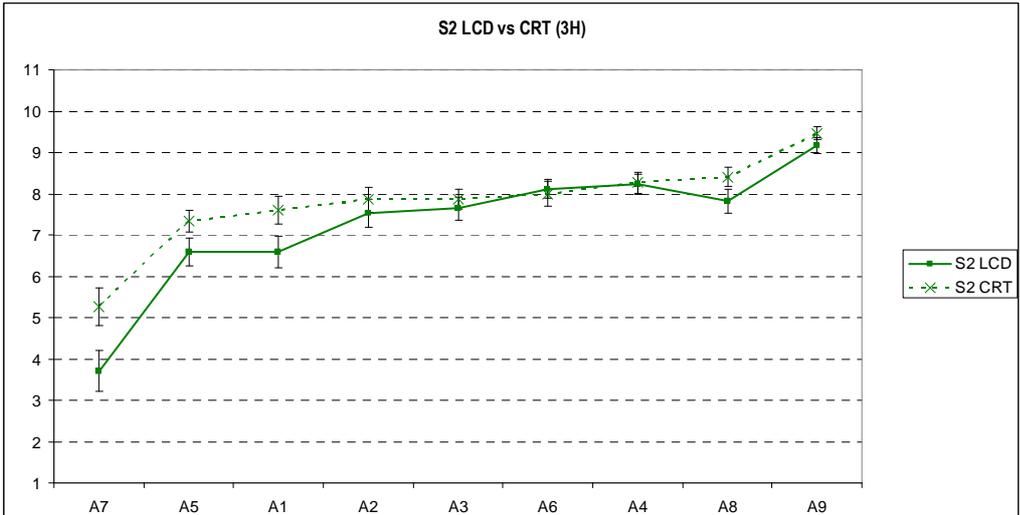
La campagna di test è stata replicata identica ma con valutatori diversi sui due diversi tipi di display messi a disposizione dalla RAI, per evidenziare la possibile influenza della tecnologia CRT o LCD sul giudizio espresso dai soggetti valutatori.

Nei grafici riportati in figura 8, vengono messi a confronto, sequenza per sequenza, i valori MOS raccolti eseguendo la valutazione nella stessa condizione di test con i due display. Dall'osservazione dei grafici risulta che il display LCD mette in maggiore risalto gli artefatti dovuti alla codifica, con valori statisticamente significativi, infatti i range degli Intervalli di Confidenza non si sovrappongono. Ciò risulta più evidente per alcune sequenze di immagini e sicuramente più accentuato per valori bassi della qualità.

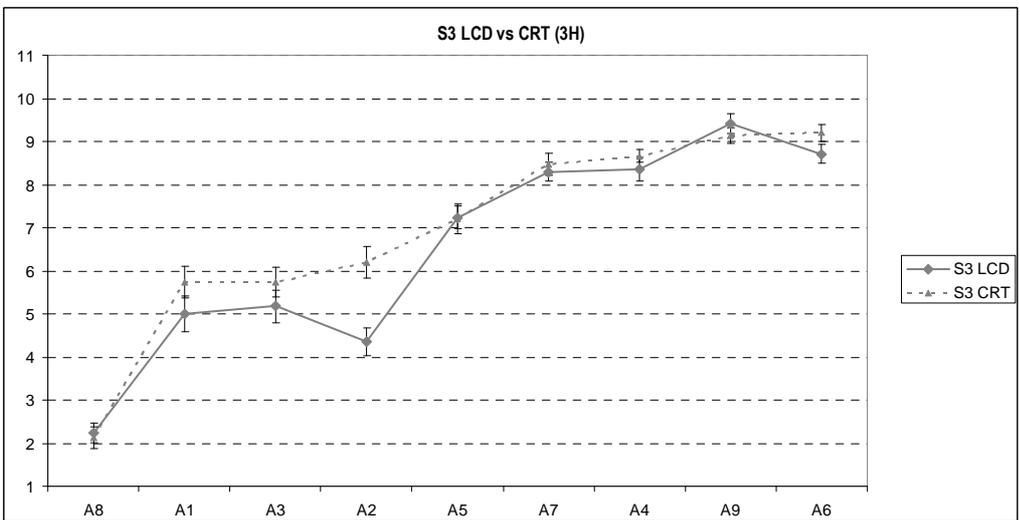
Va comunque osservato il dato che questa tendenza non è costante su tutte le condizioni di test e tanto meno omogeneamente dipendente dal livello della qualità osservata. Si ritiene quindi che questa conclusione, anche se attesa, necessiti ulteriori verifiche sperimentali.



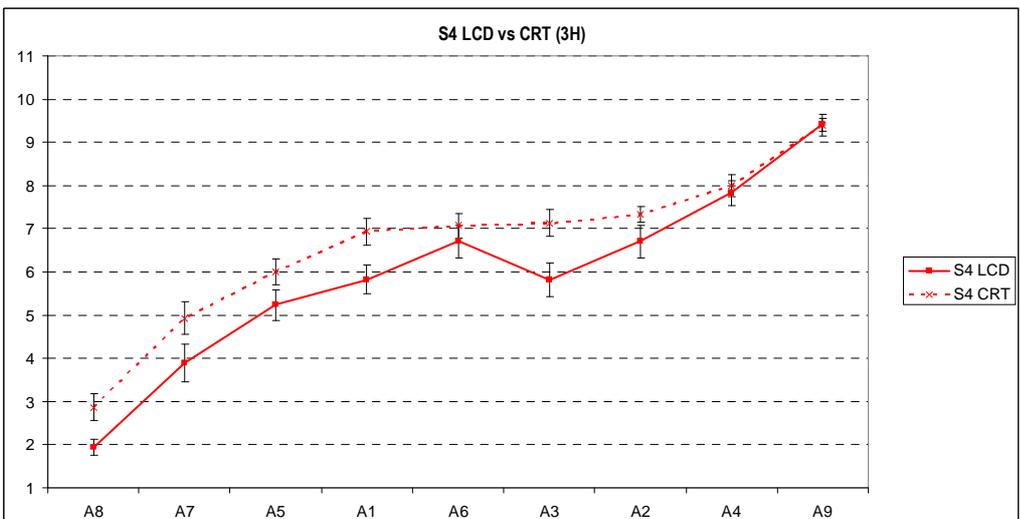
a) Sequenza S1 - display LCD vs CRT



**b) Sequenza S2 - display LCD vs CRT**



**c) Sequenza S3 - display LCD vs CRT**



**d) Sequenza S4 - display LCD vs CRT**

# Esempi di fogli di valutazione

*Foglio utilizzato per la fase di addestramento dei soggetti valutatori*

	Vota 1	Vota 2	Vota 3	Vota 4	Vota 5
<b>Ottimo</b>	<input type="checkbox"/> 10				
	<input type="checkbox"/> 9				
<b>Buono</b>	<input type="checkbox"/> 8				
	<input type="checkbox"/> 7				
<b>Discreto</b>	<input type="checkbox"/> 6				
	<input type="checkbox"/> 5				
<b>Mediocre</b>	<input type="checkbox"/> 4				
	<input type="checkbox"/> 3				
<b>Pessimo</b>	<input type="checkbox"/> 2				
	<input type="checkbox"/> 1				

Nome: .....

Cognome: .....

Posizione: S  C

*Foglio utilizzato per la fase di test formale*

	Vota 1	Vota 2	Vota 3	Vota 4	Vota 5	Vota 6	Vota 7	Vota 8	Vota 9	Vota 10	Vota 11
<b>Ottimo</b>	<input type="checkbox"/> 10										
	<input type="checkbox"/> 9										
<b>Buono</b>	<input type="checkbox"/> 8										
	<input type="checkbox"/> 7										
<b>Discreto</b>	<input type="checkbox"/> 6										
	<input type="checkbox"/> 5										
<b>Mediocr e</b>	<input type="checkbox"/> 4										
	<input type="checkbox"/> 3										
<b>Pessimo</b>	<input type="checkbox"/> 2										
	<input type="checkbox"/> 1										

	Vota 12	Vota 13	Vota 14	Vota 15	Vota 16	Vota 17	Vota 18	Vota 19	Vota 20	Vota 21
<b>Ottimo</b>	<input type="checkbox"/> 10									
	<input type="checkbox"/> 9									
<b>Buono</b>	<input type="checkbox"/> 8									
	<input type="checkbox"/> 7									
<b>Discreto</b>	<input type="checkbox"/> 6									
	<input type="checkbox"/> 5									
<b>Mediocr e</b>	<input type="checkbox"/> 4									
	<input type="checkbox"/> 3									
<b>Pessimo</b>	<input type="checkbox"/> 2									
	<input type="checkbox"/> 1									

Nome: .....

Cognome: .....

Posizione:

S

C

## Risultato delle prove soggettive Valori del MOS e del C.I.

<b>CRT</b>			
codec	sequenza	MOS	CI
A3	S2	7,87	0,25
A5	S1	6,20	0,36
A2	S4	7,33	0,18
A8	S3	2,13	0,25
A3	S4	7,13	0,30
A6	S2	8,00	0,30
A2	S1	9,07	0,18
A7	S3	8,47	0,25
A5	S4	6,00	0,30
A7	S1	4,00	0,29
A9	S2	9,47	0,16
A6	S1	7,60	0,25
A3	S3	5,73	0,35
A7	S2	5,27	0,45
A1	S3	5,73	0,38
A7	S4	4,93	0,39
A9	S1	9,27	0,22
A4	S4	8,00	0,25
A9	S3	9,13	0,19
A6	S4	7,07	0,29
A1	S1	9,00	0,27
A5	S3	7,20	0,35
A8	S2	8,40	0,23
A9	S4	9,40	0,25
A4	S1	7,53	0,42
A1	S2	7,60	0,34
A6	S3	9,20	0,20
A1	S4	6,93	0,31
A8	S1	8,07	0,28
A5	S2	7,33	0,26
A8	S4	2,87	0,32
A2	S3	6,20	0,37
A4	S2	8,27	0,26
A3	S1	8,87	0,30
A4	S3	8,67	0,16
A2	S2	7,87	0,30

<b>LCD</b>			
codec	sequenza	MOS	CI
A3	S2	7,65	0,28
A5	S1	5,94	0,33
A2	S4	6,71	0,37
A8	S3	2,24	0,23
A3	S4	5,82	0,39
A6	S2	8,12	0,24
A2	S1	9,24	0,21
A7	S3	8,29	0,22
A5	S4	5,24	0,35
A7	S1	3,65	0,35
A9	S2	9,18	0,19
A6	S1	6,53	0,41
A3	S3	5,18	0,38
A7	S2	3,71	0,49
A1	S3	5,00	0,40
A7	S4	3,88	0,44
A9	S1	9,47	0,15
A4	S4	7,82	0,29
A9	S3	9,41	0,24
A6	S4	6,71	0,37
A1	S1	8,35	0,24
A5	S3	7,24	0,26
A8	S2	7,82	0,28
A9	S4	9,41	0,15
A4	S1	7,29	0,40
A1	S2	6,59	0,38
A6	S3	8,71	0,22
A1	S4	5,82	0,33
A8	S1	8,12	0,19
A5	S2	6,59	0,34
A8	S4	1,94	0,18
A2	S3	4,35	0,32
A4	S2	8,24	0,25
A3	S1	8,59	0,24
A4	S3	8,35	0,28
A2	S2	7,53	0,34

## 5 Bibliografia

- [1] "DVB-T Coverage Measurements and Verification of Planning Criteria (Draft Recommendation ITU-R)", FM22(08)06rev2, ECC Project Team, Ottobre 2008;
- [2] "Handbook Spectrum Monitoring", Pubblicazione ITU, Edizione 2002;
- [3] "Automatic Monitoring Of Occupancy Of The Radio-Frequency Spectrum", ITU-R Recommendation SM 182-4, 1992;
- [4] "Spectra And Bandwidth Of Emissions", ITU-R Recommendation SM 328-11, 2006;
- [5] "Accuracy Of Frequency Measurements At Stations For International Monitoring", ITU-R Recommendation SM 377-3, 1994;
- [6] "Field-Strength Measurements At Monitoring Stations", ITU-R Recommendation SM 378-6, 1995;
- [7] "Bandwidth Measurement At Monitoring Stations", ITU-R Recommendation SM 443-4, 2007;
- [8] "Direction Finding And Location Determination At Monitoring Stations", ITU-R Recommendation SM 854-2, 2007;
- [9] -----
- [10] ISO/IEC 13818-1 (ITU-T Recommendation H.222.0): "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems".
- [11] ISO/IEC 13818-4: "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 4: Conformance testing".
- [12] ISO/IEC 13818-9: "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 9: Extension for real time interface for systems decoders".
- [13] ETSI TR 101 154: "Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for the use of MPEG-2 Systems, Video and Audio in satellite, cable and terrestrial broadcasting applications".
- [14] ETSI EN 300 468: "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems".
- [15] ETSI TR 101 211: "Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines on implementation and usage of Service Information (SI)".
- [16] ETSI EN 300 744: "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television".
- [17] EN 50083-9: "Cable networks for television signals, sound signals and interactive services - Part 9: Interfaces for CATV/SMATV headends and similar professional equipment for DVB/MPEG-2 transport streams".
- [18] ETSI TS 101 191: "Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization".
- [19] ISO 639: "Code for the representation of names of languages".
- [20] ETSI ETR 290: "Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems".
- [21] ISO/IEC 13818 series: "Information Technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information".
- [22] EN 50221: "Common interface specification for conditional access and other digital video broadcasting decoder applications".
- [23] ETSI TR 101 290 V1.2.1 (2001-05) – (Technical Report) – Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems
- [24] -----
- [25] Ofcom: Understanding the state and use of the spectrum  
([http://www.ofcom.org.uk/research/technology/research/state\\_use/](http://www.ofcom.org.uk/research/technology/research/state_use/))
- [26] Ofcom: Baldock radio monitoring station  
(<http://www.ofcom.org.uk/radiocomms/ifi/enforcement/baldock/>)
- [27] Ofcom: Automatic Interference Monitoring System  
([http://www.ofcom.org.uk/research/technology/research/state\\_use/aims/](http://www.ofcom.org.uk/research/technology/research/state_use/aims/))
- [28] Ofcom: Automatic Monitoring System  
([http://www.ofcom.org.uk/research/technology/research/state\\_use/ams/](http://www.ofcom.org.uk/research/technology/research/state_use/ams/))
- [29] Mass ltd: Autonomous Interference Monitoring System, Final Report, May 2006
- [30] Mass ltd: Autonomous Interference Monitoring System, Appendix A-E – May 2006
- [31] Mass ltd: Autonomous Interference Monitoring System, Phase II Final Report, March 2007

- [32] Mass ltd: Autonomous Interference Monitoring System,  
Phase II, Appendix A-D, March 2007
- [33] Mass ltd: Autonomous Interference Monitoring System,  
Phase III Final Report, November 2007
- [34] Mass ltd: Autonomous Interference Monitoring System,  
Licence Exempt Spectrum Measurement Study, Volume 1 & 2, February 2007

## 6 Esempi di strumentazione per il monitoraggio del segnale DVB-T

Sono presenti sul mercato diversi prodotti in grado effettuare il monitoraggio del segnale DVB-T secondo le specifiche descritte nei paragrafi precedenti. Per avere un'idea delle loro caratteristiche e funzionalità, in questo documento, verranno analizzati in particolare tre prodotti: il R&S ETL TV Analyzer, il Tektronix DVB-T Measurement Receiver e il R&S DDF 190 Digital Direction Finder.

### 6.1 R&S ETL TV Analyzer

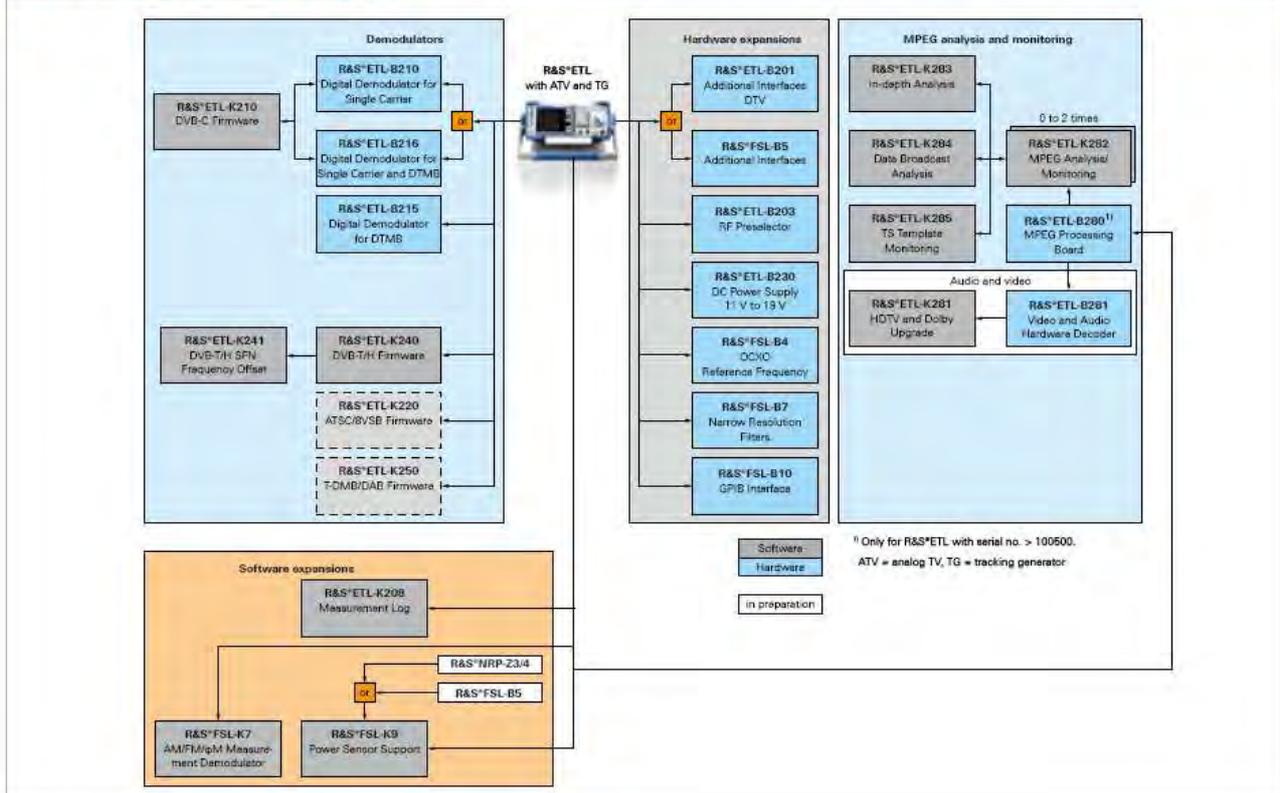
E' una piattaforma multistandard per l'analisi di segnali televisivi, sia analogici che digitali (DVB-T/H), in grado di combinare funzionalità di analizzatore di spettro e di ricevitore test TV in un'unica unità. Supporta i seguenti standards TV digitali: DVB-T/H, ATSC/8VSB, DTMB (Cina), DVB-C (J.83/A/C).

I demodulatori software e hardware sono designati per operazioni real-time, anche per misure di BER, così da rendere disponibili per ulteriori elaborazioni sia segnali demodulati analogici video e audio, sia TS-MPEG digitali.

Con un range di frequenza che va da 500 KHz a 3 GHz è in grado di coprire non solo le convenzionali frequenze broadcast, ma anche le bande L e S.



## Overview of the R&S®ETL options



E' prevista la possibilità di inviare messaggi d'errore attraverso l'interfaccia SNMP integrata, non appena si verifica un errore nel transport stream, rendendo lo strumento adatto anche a svolgere funzioni di monitoraggio a lungo termine.

Di seguito si riporta una tabella in grado di riassumere le specifiche dello strumento.

General data	
Frequency range	500 kHz to 3 GHz
Frequency accuracy	$1 \times 10^{-6}$
With R&S®FSL-B4, OCXO	$1 \times 10^{-7}$
Phase noise	typ. -103 dBc (1 Hz) at 10 kHz from carrier, 500 MHz
<b>Displayed average noise level</b>	
Preamplifier OFF	50 MHz to 3 GHz: $\leq -140$ dBm (1 Hz)
Preamplifier ON	500 MHz: typ. -162 dBm (1 Hz) 3 GHz: typ. -158 dBm (1 Hz)
TOI	typ. +18 dBm
<b>TV analysis</b>	
Preselector	R&S®ETL-B203, internal, optional
RF input	N connector, 50 $\Omega$ , additional F connector, 75 $\Omega$ with R&S®ETL-B203
<b>Prerequisite for analog TV (ATV)</b>	none, analog TV already included in base unit
ATV standards	B/G, I, D/K, K1, M, N
<b>Prerequisite for DVB-T/H</b>	R&S®ETL-K240
<b>Prerequisite for ATSC/8VSB</b>	R&S®ETL-K220 (available from June 2008)
<b>Prerequisite for DVB-C (J.83/A/C)</b>	R&S®ETL-K210 with R&S®ETL-B210 or R&S®ETL-B216
<b>Prerequisite for DTMB</b>	R&S®ETL-B215 or R&S®ETL-B216
<b>Prerequisite for T-DMB/DAB</b>	R&S®ETL-K250 (available from December 2008)
<b>Spectrum analysis</b>	
<b>Resolution bandwidths</b>	
Standard	300 Hz to 10 MHz in 1/3 sequence, additionally 20 MHz with zero span
With R&S®FSL-B7	10 Hz to 10 MHz in 1/3 sequence, additionally 1 Hz (with FFT filter)
Video bandwidths	10 Hz to 10 MHz
I/Q demodulation bandwidth	20 MHz
Detectors	pos/neg peak, auto peak, RMS, quasi-peak, average, sample
Level measurement uncertainty	<0.5 dB
Tracking generator	included in base unit
Frequency range	1 MHz to 3 GHz
Output level	-20 dBm to 0 dBm
<b>MPEG analysis and monitoring</b>	
Prerequisite for MPEG analysis	R&S®ETL-B280 with R&S®ETL-K282
Broadcasting standards	DVB, ATSC, SCTE
TS input	1 (+1 internal)
Mode	ASI, SMPTE 310M
Max. data rate across all inputs	128 Mbit/s
<b>Video and audio decoding</b>	
Presentation of TV picture on R&S®ETL screen	
Prerequisite for analog TV	R&S®ETL-B280
Prerequisite for DTV (SD)	R&S®ETL-B280 with R&S®ETL-B281
Video formats	MPEG-2 (MP@ML) H.264/AVC (MP)
Audio formats	MPEG-1/MPEG-2 layer I
HDTV and Dolby	R&S®ETL-K281
Video formats	MPEG-2 (MP@HL) H.264/AVC (MP)
Audio formats	Dolby Digital AC-3

Se equipaggiato con R&S ETL-B280/281 è in grado di consentire la visualizzazione di immagini televisive, sia analogiche che digitali, incrementandone ulteriormente il campo di applicabilità in termini di analisi.

## 6.2 Tektronix DVB-T Measurement Receiver

Il modello RFM210 è un dispositivo che può essere impiegato per il monitoraggio delle caratteristiche RF e per il controllo di qualità di segnali broadcast DVB-T per una vasta gamma di configurazioni di trasmettitori digitali terrestri.



Consente di implementare un monitoraggio multi-livello, favorendo la separazione dei problemi afferenti alla catena di trasmissione/modulazione RF rispetto alla catena di multiplexing/codifica MPEG.

Fornisce la possibilità di accesso e controllo remoto attraverso connessioni di rete che implementano protocolli SNMP, favorendo il monitoraggio di siti di trasmissione multipli da una singola locazione centrale, da parte dei broadcasters.

E' in grado di misurare un ampio range di parametri trasmissivi, quali:

BER – Bit Error Ratio pre e post Viterbi e post Reed-Solomon

MER – Modulation Error Ratio in DB, Average MER in %, MER di picco in %

S/N – Signal to Noise ratio in dB

STE – System Target Error, medio e deviazione

AI – Amplitude Imbalance in %

QE – Quadrature Error in gradi

CS – Carrier Suppression in dB

PJ – Phase Jitter in °RMS

SF – Sync Failure

UCE – Uncorrectable Error Blocks

ENM – Estimated Noise Margin in dB

TR 101 290 – Analisi completa comprendente ampiezza, ritardo di gruppo e risposta impulsiva

Di seguito si riportano le relative specifiche di prodotto in aggiunta alle caratteristiche fisiche.

## Product Specifications

### Tuner Characteristics

**Frequency Range** – VHF/UHF 46 to 860 MHz.

**Channel Bandwidth** – 6/7/8 MHz (Options).

**Input Range** – -10 to -77 dBm (Optimum -55 to -30 dBm), typical.

**Input Impedance** – 75 Ω.

### Demodulator Characteristics

**Modulation Systems** – QSPK, 16 QAM, 64 QAM.

**Carriers Supported** – 2K/8K DVB (T) selectable FFT automatically selected.

**Viterbi FEC** – Supports all DVB code rates: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, and 7/8.

**Guard Intervals** – Supports all DVB guard intervals: 1/32, 1/16, 1/8, and 1/4.

**Hierarchical Modes** – Both HP and LP streams available simultaneously.

**Error Correction** – Reed Solomon (204, 188) and Viterbi.

**Synchronization Monitoring** – Status of TPS, FEC decoder, etc.

### Connectors

RF Input – 75 Ω BNC.

Baseband Input – 50 Ω BNC  
(with gain adjustment).

Baseband Output – 50 Ω BNC  
(with gain adjustment).

Channel Monitoring Outputs –

X/Trigger – 75 Ω BNC.

Y/W – 75 Ω BNC.

Z – 75 Ω BNC.

MPEG Transport Stream Output –

DVB-SPI (LP/HP) – 25-Way D-type.

DVB-SPI (HP) – 25-Way D-type.

DVB-ASI (LP) – 75 Ω BNC.

DVB-ASI (HP) – 75 Ω BNC.

Alarm Port 1 – 2 SPCO relays and reset input.

Connector: 9-Way D-type.

Alarm Port 2 – 8 opto-isolated open collector alarms,

1 SPCO relay. Connector: 15-Way D-type.

VGA Monitor – 15-way high density D-type.

RS-232 – 9-Way D-type.

Ethernet – 10/100Base-T. Connector: RJ45.

### Environmental and Safety

Temperature – +5°C to +35°C.

Humidity – Operating: 20% to 80%.

Altitude – 4500 meters.

### Certifications

EMC – Certified to the EMC Directive 89/336/EEC.

Safety – UL3111-1, CAN/CSA C22.2 No. 1010.1,  
EN61010-1.

### Power Requirements

Mains Voltage Range – 95 VAC to 240 VAC.

Mains Frequency – 50/60 Hz.

Power Requirements – < 27 W.

### Physical Characteristics:

Dimensions	mm	in.
Width	483	19
Height	44	1.7
Depth	480	18.9
Weight	kg	lb.
Net	3.86	8.5
Rack Space	Height	Depth
Net	1 rack unit	Standard

### 6.3 R&S DDF 190 Digital Direction Finder

E' un radiogoniometro (Direction Finder) digitale in grado di operare nel range di frequenza compreso tra 0,3 MHz e 3 GHz, e quindi nelle bande HF, VHF e UHF, impiegando elaborazioni di segnali digitali sia in operazioni di filtraggio che in calcoli di posizionamento.

E' composto da 4 unità funzionali:

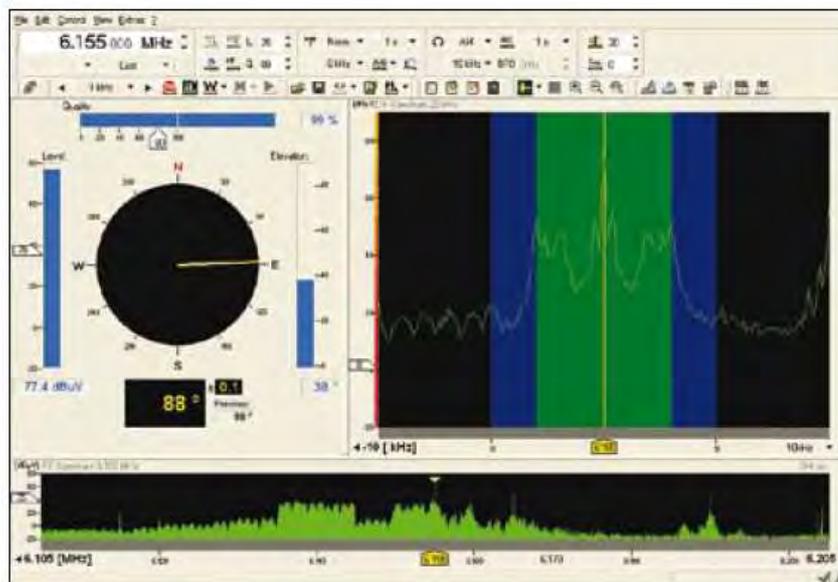
- un sistema di antenne;
- un convertitore con modulo di ricezione integrato (HF DF Converter R&S EH110 per frequenze comprese tra 0,3 e 30 MHz, e VHF/UHF DF Converter R&S ET550 per frequenze comprese tra 20 e 3000 MHz)
- un'unità per l'elaborazione del segnale digitale (R&S EBD061 con due frequenze IF, così che i due convertitori precedenti possono essere connessi ad essa nello stesso momento)
- un PC per il controllo corredato con il relativo software (comprendente gli algoritmi per valutazioni radiogoniometriche secondo il metodo Watson-Watt, ed il moderno metodo dell'interferometro).



Rispetto ai metodi classici, l'implementazione dell'interferometro ha il vantaggio di ridurre gli errori DF provocati da riflessioni e depolarizzazioni impiegando antenne con un minimo numero di elementi (preferibilmente array circolari).

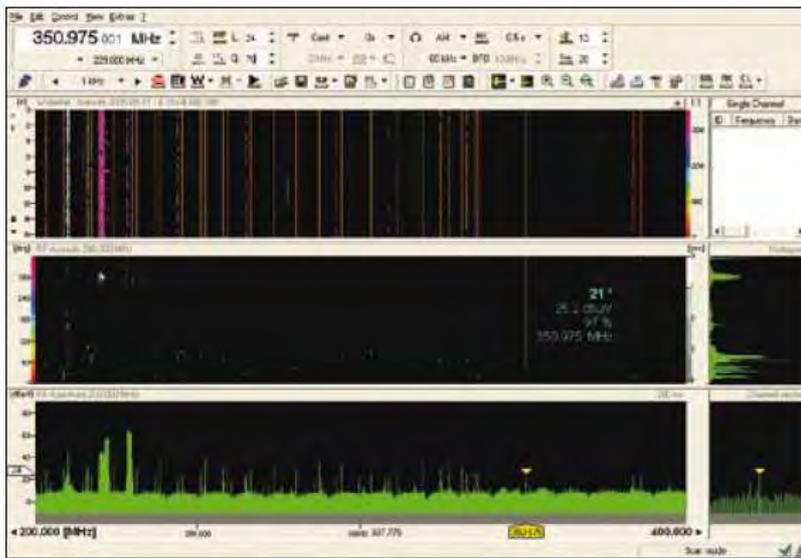
Sono disponibili 4 distinti modi DF:

- FFM (Fixed Frequency Mode): il radiogoniometro opera ad una frequenza fissa. Il posizionamento può essere visualizzato in formato analogico (polare) o digitale, in aggiunta allo spettro real-time centrato alla frequenza di ricezione che è stata impostata.



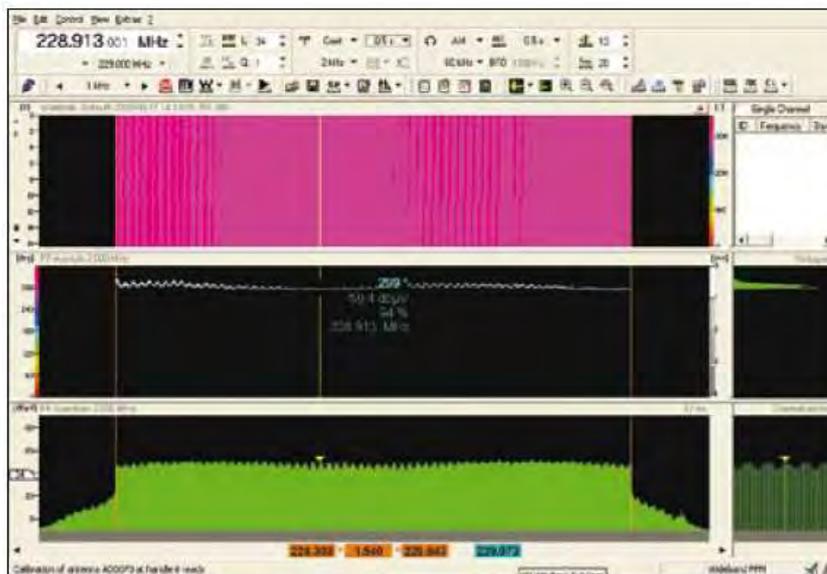
*Fixed frequency mode (FFM), search mode*

- Search mode: consiste nel ricercare attività in un range di frequenza (definito da una frequenza di start, di stop e da un passo di incremento) o in una lista di frequenze (fino a 1000 unità), soffermandosi per una selezionabile lunghezza di tempo laddove viene individuato un segnale che supera una soglia predefinita.
- Scan mode: viene offerta la possibilità di scansionare definiti range di frequenza con un passo selezionabile o fino a 1000 canali memorizzati.



*Scan mode*

- Wideband mode (WFFM): il radiogoniometro prende simultaneamente le posizioni di tutti i canali che cadono entro la banda real-time FFT (possono essere impostati direttamente parametri quali spaziatura tra canali, tempo di integrazione, soglia di qualità DF).



*Wideband mode (WFFM)*

La velocità di scansione DF del radiogoniometro è indipendente dall'occupazione dei canali (è mantenuta anche con un'occupazione del 100%) e dipende dalla risoluzione del canale selezionato (più bassa è la risoluzione e più alta è la velocità di scansione).

Tenendo presente, inoltre, che maggiore è la sensibilità e maggiore è il range di operatività del radiogoniometro, occorre specificare come il modello in esame presenti una sensibilità che va da

0,2  $\mu\text{V}/\text{m}$  (per frequenze HF) fino a 1  $\mu\text{V}/\text{m}$  (per frequenze VHF/UHF fino a 1,3 GHz), raggiungendo valori compresi tra 3 e 10  $\mu\text{V}/\text{m}$  per frequenze oltre 1,3 GHz.

Di seguito si riportano alcune tabelle riassuntive relative alle specifiche degli apparati appartenenti alla famiglia R&S DDF OXE.

### Specifications – R&S®DDF 01E

Frequency range	0.3 MHz to 30 MHz
DF method	correlative interferometer, Watson-Watt
Operation	via graphical user interface (GUI) on external PC with Windows XP
Instrument DF accuracy	0.5° RMS
System DF accuracy (in test field) with R&S®ADD010 or R&S®ADD011	1° RMS
Display	azimuth versus frequency, level versus frequency, polar diagram, histogram, waterfall, realtime IF panoramic display (bandwidth 20 kHz or 1 MHz)
Display resolution	0.1° or 1° (selectable)
DF sensitivity	typ. 0.2 $\mu\text{V}/\text{m}$ to 0.5 $\mu\text{V}/\text{m}$ (see diagram for HF DF antennas, page 18)
Operating modes	SCAN (f-SCAN, m-SCAN), SEARCH, fixed frequency mode (FFM), wideband mode (WFFM)
Instantaneous bandwidth	1 MHz
Frequency span in wideband mode	1 MHz with R&S®DDF-HFR option additionally: 0.5 MHz/0.2 MHz/0.1 MHz
Minimum signal duration <sup>1)</sup> (depending on selected FFT realtime bandwidth)	
Correlative interferometer	1 ms
Watson-Watt	0.3 ms
Scan speed with 20 kHz resolution, 100% channel occupancy, BT = 4	
Correlative interferometer	up to 450 MHz/s (incl. calculation of elevation)
Watson-Watt	up to 1700 MHz/s
Scan speed with 5 kHz resolution, 100% channel occupancy, BT = 4	
Correlative interferometer	up to 120 MHz/s (incl. calculation of elevation)
Watson-Watt	up to 500 MHz/s
Processing speed	
Correlative interferometer	up to 25 000 channels/s (incl. calculation of elevation)
Watson-Watt	up to 100 000 channels/s
Channel spacing (depending on selected FFT realtime bandwidth)	20 kHz/10 kHz/5 kHz/2 kHz/1 kHz/0.5 kHz/0.2 kHz with R&S®DDF-HFR option additionally: 0.1 kHz/0.05 kHz/0.02 kHz

Bandwidths	
Direction finding	12 kHz/6 kHz/3 kHz/1.2 kHz/0.6 kHz/0.3 kHz/0.12 kHz
Demodulation	20 kHz/12 kHz/10 kHz/6 kHz/3.4 kHz/3 kHz/1.2 kHz/0.6 kHz/0.3 kHz/0.12 kHz/0.06 kHz
Adjacent channel suppression $\geq 10$ kHz	80 dB (FFM), 60 dB (SCAN)
Modes of demodulation	CW, AM, FM, SSB
Filter selectivity (shape factor, 60 dB/3 dB)	2.5 (FFM) 3.6 (SCAN)
Dynamic range (incl. AGC)	>120 dB
Linearity	
Second-order intercept (SOI)	$\geq 75$ dBm, typ. 85 dBm
Third-order intercept (TOI) <sup>2)</sup>	$\geq 32$ dBm, typ. 39 dBm
Intermodulation-free dynamic range	typ. 95 dB (in-band, bandwidth of 1.2 kHz)
Phase noise	$< -110$ dBc (1 Hz) at 1 kHz offset typ. $-116$ dBc (1 Hz) at 1 kHz offset
Impedance	50 $\Omega$
Frequency stability	$1 \times 10^{-7}$ at $-10^\circ\text{C}$ to $+55^\circ\text{C}$
Frequency setting accuracy	1 Hz
Image frequency rejection	>95 dB, typ. 110 dB
IF rejection	>95 dB, typ. 110 dB
MTBF	
R&S®EBD061	>28 000 h
R&S®EH110	>60 000 h

- 1) 100% probability of intercept for a single burst emission within realtime bandwidth. Lower values are possible for measurements performed with multiple burst emissions and reduced probability of intercept.
- 2) Frequency separation between intermodulating signals  $\geq 30$  kHz. Higher values are possible for measurements performed at larger frequency separation.

## Specifications – R&S®DDF 05E

Frequency range	20 MHz to 3000 MHz 300 kHz to 3000 MHz with R&S®DDFE-HF option
DF method	correlative interferometer, Watson-Watt
Operation	via graphical user interface (GUI) on external PC with Windows XP
Instrument DF accuracy	0.5° RMS
System DF accuracy (in test field) With R&S®ADD053 With R&S®ADD070	1° RMS 2° RMS
Display	azimuth versus frequency, level versus frequency, polar diagram, histogram, waterfall, realtime IF panoramic display (bandwidth 100 kHz or 2 MHz)
Display resolution	0.1° or 1° (selectable)
DF sensitivity 20 MHz to 1300 MHz 1300 MHz to 3000 MHz	typ. 0.5 µV/m to 1 µV/m typ. 3 µV/m to 10 µV/m (see diagram for VHF/UHF DF antennas, page 18)
Operating modes	SCAN (f-SCAN, m-SCAN), SEARCH, fixed frequency mode (FFM), wideband mode (WFFM)
Instantaneous bandwidth	2 MHz with R&S®DDFE-HBW option: 10 MHz (–6 dB)
Frequency span in wideband mode	2 MHz with R&S®DDFE-HBW option: 10 MHz with R&S®DDF-HFR option additionally: 1 MHz/0.5 MHz/0.2 MHz/0.1 MHz
Minimum signal duration <sup>1)</sup> (depending on selected FFT realtime bandwidth) Correlative interferometer Watson-Watt	400 µs 150 µs
Scan speed with 100 kHz resolution, 100% channel occupancy, BT = 4 Correlative interferometer Watson-Watt	5.7 GHz/s with R&S®DDFE-HBW option: 10 GHz/s 20 GHz/s
Scan speed with 25 kHz resolution, 100% channel occupancy, BT = 4 Correlative interferometer Watson-Watt	2 GHz/s 8.5 GHz/s
Processing speed Correlative interferometer Watson-Watt	up to 80 000 channels/s with R&S®DDFE-HBW option: up to 100 000 channels/s up to 300 000 channels/s
Channel spacing (depending on selected FFT realtime bandwidth)	100 kHz/50 kHz/25 kHz/20 kHz/ 12.5 kHz/10 kHz/8.33 kHz/5 kHz/ 2 kHz/1 kHz with R&S®DDF-HFR option additionally: 1 kHz/0.5 kHz/0.2 kHz/ 0.1 kHz/0.05 kHz/0.02 kHz

Bandwidths Direction finding	60 kHz/30 kHz/15 kHz/12 kHz/ 7.5 kHz/6 kHz/5 kHz/3 kHz/1.2 kHz/ 0.6 kHz
Demodulation	150 kHz/60 kHz/30 kHz/15 kHz/ 12 kHz/7.5 kHz/5 kHz/3 kHz/ 1.2 kHz/0.6 kHz
Adjacent channel suppression ≥10 kHz	80 dB (FFM), 60 dB (SCAN)
Modes of demodulation	CW, AM, FM, SSB
Filter selectivity (shape factor 60 dB/3 dB)	2.5 (FFM) 3.6 (SCAN)
Dynamic range (incl. AGC)	>120 dB
Linearity Second-order intercept (SOI) Third-order intercept (TOI) <sup>2)</sup>	≥50 dBm, typ. 63 dBm ≥18 dBm, typ. 28 dBm
Intermodulation-free dynamic range	typ. 85 dB (in-band, bandwidth of 7.5 kHz)
Phase noise	<–116 dBc (1 Hz) at 10 kHz offset typ. –120 dBc (1 Hz) at 10 kHz offset
Impedance	50 Ω
Frequency stability	1 × 10 <sup>–7</sup> at –10 °C to +55 °C
Frequency setting accuracy	1 Hz
Image frequency rejection	>90 dB, typ. 110 dB
IF rejection	>95 dB, typ. 110 dB
MTBF R&S®EBD061 R&S®ET550	>28 000 h >25 000 h

- 1) 100% probability of intercept for a single burst emission within realtime bandwidth. Lower values are possible for measurements performed with multiple burst emissions and reduced probability of intercept.
- 2) Frequency separation between intermodulating signals ≥2.2 MHz. Higher values are possible for measurements performed at larger frequency separation.

## General data

(valid for R&S® DDF 01E, R&S® DDF 05E and R&S® DDF 06E)

	R&S® EBD061	R&S® EH110	R&S® ET550
Operating temperature range	-10 °C to +55 °C, meets EN 60068-2-1, EN 60068-2-2, MIL-STD-810E Meth. 501.3/502.3		
Storage temperature range	-40 °C to +71 °C, meets EN 60068-2-1, EN 60068-2-2, MIL-STD-810E Meth. 501.3/502.3		
Humidity/damp heat	max. 80 % cycl. test at 25 °C/40 °C, meets EN 60068-2-30 max. 95 % rel. humidity, without condensation, meets MIL-STD-810E Meth. 507.3, without cyclic condensation		
Mechanical resistance/shock	30 g, 11 ms semi-sinewave, meets EN 60068-2-27 40 g shock spectrum, 45 Hz to 200 Hz, meets MIL-STD-810E, Meth. 516.4		
Vibration			
Sinusoidal	5 Hz to 55 Hz, max. 2 g, 55 Hz to 150 Hz, 0.5 g const., 12 min/(3)axis, meets EN 60068-2-6		
Random	10 Hz to 500 Hz, 1.9 g (RMS), 30 min/(3)axis, meets EN 60068-2-64		
EMC	30 MHz to 1000 MHz, 30/37 dBµV/m, field strength (emission), meets EN 55022 0.15 MHz to 30 MHz, class B interference voltage on AC power lines, meets EN 55022 0 Hz to 2 kHz interference current on AC power lines, meets EN 61000-3-2 ±8 kV/±4 kV static discharge, meets EN 61000-4-2 80 MHz to 1000 MHz, 10 V/m field strength (immunity), meets EN 61000-4-3 ±2 kV/±1 kV transient burst at AC power/signal connection (immunity), meets EN 61000-4-4 ±2 kV/±1 kV burst (immunity), meets EN 61000-4-5 0.15 MHz to 80 MHz, 10 V unmod./mod. 80 % AM (1 kHz) on lines, meets EN 61000-4-6 10 ms/30 %, 100 ms/60 % voltage reduction, 5 s voltage interruption on AC power lines, meets EN 61000-4-11		
Power supply	100 V to 230 V AC, +10 %/-12 %, 47 Hz to 63 Hz		
Electrical safety (meets EN 61010, VDE 0411)	max. 350 VA, typ. 250 VA	max. 150 VA, typ. 120 VA	max. 200 VA, typ. 180 VA
Dimensions (W × H × D)	436 mm × 192 mm × 460 mm (19" × 4 HU)		
Weight	approx. 15 kg	approx. 16 kg	approx. 18 kg



## Allegati

---

Documenti allegati nel CD:

- Tecniche per la valutazione della qualità (valore pubblico) di contenuti e servizi interattivi basate sulle analisi delle decisioni e delle opinioni degli utenti.
- (PROG04CONV\_ Allegato Progetto 4.pdf)
  
- Relazione finale: Metodologie per la verifica della Qualità del Servizio
- (PROG04CONVRelazione attivita2009.pdf)



**Supporto per il progetto di reti e  
la verifica di interferenza mutua  
mob-tv**

PROG05CONV

Responsabile Ing. Maria Missiroli





## **PROG05CONV: Supporto per il progetto di reti e la verifica di interferenza mutua mob-tv**

*Responsabile: Ing. Maria Missiroli*

### **Summary**

L'attività svolta nell'ambito del progetto è stata incentrata sulla valutazione e verifica delle reti televisive per coadiuvare le operazioni di gestione dello *switch-off* delle trasmissioni televisive analogiche nelle aree tecniche: Valle d'Aosta, Piemonte Occidentale, Trento-Bolzano, Lazio (eccetto Viterbo), Campania.

L'obiettivo primario di queste valutazioni è costituito dalla fornitura dei dati rilevanti per le assegnazioni di frequenze per la riaccensione delle reti in tecnica esclusivamente digitale alle emittenti presenti sul territorio in analogico e/o digitale, secondo i criteri e le scadenze temporali stabiliti dalle relative delibere AGCOM.

Al fine di valutare con efficienza le aree di copertura e servizio delle emittenti, sono state messe a punto procedure software in grado di effettuare le valutazioni richieste in tempi rapidi nonostante la considerevole mole di dati da processare, relativi agli impianti di trasmissione attivi sul territorio. Le analisi sono state effettuate considerando una risoluzione molto precisa del territorio, variabile a seconda delle caratteristiche orografiche prevalenti delle varie aree tecniche.

Le stesse procedure, coadiuvate da ulteriori procedure appositamente formulate e implementate, consentono inoltre di valutare le aree di servizio derivanti da ipotesi sulle assegnazioni delle frequenze.

Le valutazioni di copertura e servizio televisivo sono fruibili anche attraverso stampe georeferenziate, visualizzabili su cartine geografiche.

## 1 Introduzione

Nel corso del 2009 si è svolto lo *switch-off* di cinque Aree Tecniche, in seguito allo *switch-off* della Sardegna del 2008. Tale processo comporta lo spegnimento degli impianti operanti in tecnica analogica o digitale e la loro riaccensione in tecnica esclusivamente digitale con una pianificazione dei canali di frequenza completamente riorganizzata. L'assegnazione delle frequenze alle reti dei vari operatori presenti sulle Aree Tecniche è compito del Ministero in accordo con quanto stabilito dall'AGCOM nelle competenti delibere.

In assenza di un Piano per l'assegnazione delle Frequenze (previsto a breve), il processo di assegnazione considera la disponibilità di frequenze (valutata da AGCOM e inclusa nelle delibere), i vincoli di canali da riservare a *digital dividend*, e la situazione pre-*Switch-off* dell'area di servizio delle emittenti sul territorio considerato.

Mentre in Sardegna la disponibilità di canali rispetto alle emittenti presenti non ha presentato particolari criticità, nel corso del 2009 sono state affrontate Aree Tecniche con un livello di complessità molto maggiore della situazione televisiva esistente, in particolar modo nel caso di Piemonte Occidentale, Lazio e Campania.

L'attività di questo progetto consiste essenzialmente nell'elaborazione dei dati ufficiali relativi agli impianti di ogni emittente per fornire stime dell'effettiva situazione televisiva esistente sul territorio, e di quella che si crea tramite la transizione degli impianti in tecnica digitale con le nuove assegnazioni di canale.

A tal fine, sono state concepite e implementate procedure di calcolo, che in parte utilizzano procedure già sviluppate in FUB. Si è cercato di mantenere la massima flessibilità per essere in grado di gestire le diverse esigenze sorte in corso d'opera e non prevedibili a priori.

## 2 Descrizione delle procedure di base

Per una rete di broadcast televisivo, o anche per un singolo impianto trasmittente, si definisce **area di servizio** l'insieme dei punti in cui il segnale (della rete o dell'impianto) è ricevuto con un livello di qualità superiore ad una soglia prefissata; e si definisce **area di copertura** (anche se talvolta sono possibili sovrapposizioni tra i due concetti) l'insieme dei punti in cui il segnale è ricevuto con livello di campo

superiore ad un valore di soglia, ovvero l'insieme dei punti in cui la ricezione è possibile se non c'è un livello distruttivo di interferenza.

Ad un livello semplificato, si può descrivere l'operazione di valutazione di aree di servizio di segnali televisivi attraverso i seguenti passi:

1. individuazione dell'area di simulazione;
2. suddivisione dell'area di simulazione in pixel di dimensione fissa, selezionata a priori;
3. individuazione degli impianti significativi;
4. valutazione della propagazione tra ogni impianto e ogni pixel;
5. valutazione del campo ricevuto da ogni trasmettitore in ogni pixel;
6. valutazione della qualità del segnale;
7. elaborazione dei risultati relativi ai singoli pixel per ottenere i risultati globali aggregati sull'intera Area Tecnica.

Un aspetto fondamentale delle valutazioni è l'acquisizione dei **database** (dati geografici, dati relativi agli impianti e alle assegnazioni di frequenze).

Il database degli impianti utilizzato è il Registro Nazionale delle Frequenze (RNF), i cui mantenimento e aggiornamento costituiscono l'oggetto di un altro progetto FUB.

Per quanto riguarda i database geografici, sono stati utilizzati i database a miglior risoluzione e accuratezza tra quelli disponibili per il download gratuito da parte di siti istituzionali nazionali o europei.

## 2.1 Individuazione dell'area di simulazione

Le valutazioni relative ad ogni area tecnica sono effettuate eseguendo le procedure di calcolo su un'area che include l'Area Tecnica, in modo da poter valutare anche eventuali effetti "di bordo" della transizione al digitale. La dimensione dell'area di simulazione rispetto all'Area Tecnica sono state valutate tenendo conto della orografia del territorio, con l'obiettivo di ottimizzare il compromesso tra velocità di calcolo e completezza dei risultati.

## 2.2 Suddivisione dell'area di simulazione in pixel

Per le valutazioni relative alla transizione al digitale di ogni singola Area Tecnica si è ritenuto opportuno scegliere una risoluzione più fitta rispetto a quella normalmente utilizzata per valutazioni di copertura televisiva. Tale risoluzione è stata scelta singolarmente per ogni area tecnica in base all'orografia del territorio; ad esempio, la risoluzione più precisa è stata adottata per la Valle d'Aosta e le province di Trento-Bolzano.

Ad ogni pixel, attraverso apposite procedure di elaborazione dei dati provenienti dai database disponibili, è stato associato il corrispondente valore di popolazione residente, oltre naturalmente ai dati geografici fisici e amministrativi (altitudine, comune, provincia).

## 2.3 Individuazione degli impianti significativi

Per la valutazione delle reti televisive operanti su un'area tecnica occorre considerare anche impianti di trasmissione localizzati fuori da essa, in alcuni casi anche lontani centinaia di chilometri, in quanto questi possono far servizio su porzioni dell'area tecnica o produrre interferenza significativa.

Dato l'alto numero di impianti televisivi presenti sul territorio italiano (circa 24000), si è proceduto ad un'accurata valutazione preliminare al fine di selezionare i siti potenzialmente significativi (cioè che possono produrre valori di campo significativi almeno per l'interferenza su almeno un pixel dell'area tecnica) per le valutazioni.

## 2.4 Calcolo della propagazione

Il calcolo della propagazione è stato effettuato tramite il modello contenuto nella raccomandazione ITU 526, che considera l'orografia del territorio anche tramite il calcolo del profilo altimetrico tra trasmettitore e ricevitore e quindi l'attenuazione da ostacoli, secondo il modello noto come Deygout.

La FUB ha una lunga esperienza in queste valutazioni. La scelta dei vari parametri coinvolti in queste procedure molto complesse è stata effettuata in base all'esperienza

maturata nel corso di anni, anche con la partecipazione alle attività di organismi internazionali e ai coordinamenti con i paesi confinanti.

Nell'ambito di questo progetto, i calcoli di propagazione sono stati eseguiti al fine di costruire un database relativo ad ogni area tecnica contenente i seguenti valori:

- Campo ricevuto (dBuV/m) considerando ERP pari a 1W tra ogni coppia di coordinate Tx-Rx (latitudine, longitudine, quota, altezza delle antenne trasmettenti e riceventi rispetto al suolo), al 50%, 10% e 1% del tempo, per 4 valori di frequenza (uno in banda VHF e tre in banda UHF) che si assumono sufficienti a rappresentare l'intera banda televisiva.

## 2.5 Valutazione del campo ricevuto

I dati di propagazione ottenuti tramite le procedure di cui al punto precedente sono elaborati unitamente ai valori di potenza trasmessa dagli impianti contenuti nel database RNF per ottenere le previsioni di campo ricevuto in ogni pixel.

Le informazioni di potenza trasmessa contenute nel database includono il diagramma di radiazione tridimensionale di ogni impianto. Per valutare il campo ricevuto, si calcolano l'angolo orizzontale e quello verticale sotto cui il trasmettitore è visto nel pixel considerato; in base a questi, viene selezionato l'effettivo valore di potenza trasmessa nella direzione congiungente trasmettitore e ricevitore.

Il campo ricevuto viene calcolato e memorizzato per ognuno dei tre valori di disponibilità temporale indicati in precedenza.

Le valutazioni di campo ricevuto sono effettuate per ogni canale, considerando per ognuno gli impianti trasmettenti corrispondenti. L'output di queste procedure è costituito da un file per ogni canale, contenente un numero di righe pari al numero di pixel, ognuna delle quali contiene il campo ricevuto (per i tre valori di disponibilità temporale) da ognuno dei trasmettitori operanti sul canale.

## 2.6 Valutazione della qualità del segnale

Queste valutazioni sono eseguite canale per canale. In ogni pixel, si valuta la qualità del segnale comparando il livello di campo e di rapporto segnale-interferenza con le soglie indicate nelle raccomandazioni internazionali.

Il segnale utile è quello ricevuto al più alto valore di campo, considerando il valore al 50% di tempo. Se questo è inferiore ad una soglia minima, il pixel è considerato non coperto da alcun segnale.

Se il pixel risulta coperto (valore minimo di campo sufficiente), il valore di rapporto segnale-interferenza viene valutato esaminando i segnali ricevuti da tutti gli altri trasmettitori. Il valore di interferenza prodotto da ogni segnale interferente si calcola in base ai seguenti valori: campo ricevuto al 10% o 1%, angolo di ricezione rispetto alla direzione del segnale utile (considerando la ricezione all'interferenza dell'antenna ricevente come da raccomandazioni ITU), confronto di polarizzazione tra segnale utile e segnale interferente, confronto tra le tecniche trasmissive (analogica o digitale) tra segnale utile e segnale interferente.

L'output di questa procedura è costituito da un file per ogni canale, contenente un numero di righe pari al numero di pixel, ognuna delle quali contiene l'indicazione dell'impianto servente (se presente), del valore di rapporto segnale-interferenza e di quale impianto risulta essere il principale interferente.

## 2.7 Valutazioni globali sull'area tecnica

In ogni Area Tecnica, si è proceduto al calcolo del campo ricevuto e del rapporto segnale-interferenza per il miglior segnale, in ognuno dei pixel e per ognuno dei canali televisivi, come illustrato sopra. A partire da questi dati complessivi, le successive elaborazioni permettono di valutare una serie di parametri aggregati che risultano significativi per il processo di assegnazione delle frequenze. Sono soprattutto valutazioni di area di servizio (o di copertura), ovvero l'estensione dell'area (in genere in termini di popolazione) i cui pixel risultano serviti con buona qualità. Nel seguito, si riporta un elenco delle valutazioni maggiormente di interesse:

- \* calcolo dell'area di servizio/copertura (in percentuale di territorio o di popolazione sull'Area Tecnica) relativa a un'emittente (o un gruppo di emittenti), anche separatamente per tecnica analogica e tecnica digitale;
- \* calcolo dell'area di servizio/copertura (in percentuale di territorio o di popolazione sull'Area Tecnica) relativa a un singolo impianto (o gruppo di impianti);
- \* calcolo dell'area di servizio/copertura su una singola provincia (o gruppo di province), in termini di percentuale di territorio o di popolazione, relativa ad un emittente, o a un gruppo di emittenti;
- \* confronto di area di servizio/copertura tra due situazioni differenti, ad esempio prima e dopo lo *switch-off*, oppure a causa di ipotetiche modifiche dei parametri di impianto o delle assegnazioni di frequenza di uno o più impianti;
- \* valutazione dell'impatto interferenziale, sia verso l'Area Tecnica che dall'Area Tecnica verso le aree adiacenti, dovuti alle variazioni dei canali utilizzati e alle variazioni di potenza trasmessa.

### **3 Aree tecniche**

Per ognuna delle aree tecniche finora esaminate (Valle d'Aosta, Torino-Cuneo, Trento-Bolzano, Lazio (no Viterbo), Campania) è stata definita un'area di valutazione comprendente l'area tecnica, suddivisa in pixel di dimensione opportunamente selezionata per ogni area tecnica; quindi, sono state effettuate le valutazioni di cui sopra, per tutti gli impianti esistenti, interessati dalla transizione, e per tutte le emittenti presenti su almeno una parte del territorio.

#### **Valle d'Aosta**

La Valle d'Aosta costituisce un'area particolarmente isolata dal punto di vista elettromagnetico; inoltre è costituita da un'unica provincia, con un limitato numero di emittenti. Queste caratteristiche hanno fatto sì che le valutazioni in questo caso siano state più limitate rispetto ad altre aree.

Per le valutazioni in Valle d'Aosta è stata considerata un'area suddivisa in 30481 pixel di spaziatura pari a 18''. Gli impianti considerati sono stati poco meno di 700, di cui 514 localizzati in Valle d'Asta.

### **Torino-Cuneo (Piemonte Occidentale)**

Per le valutazioni in Piemonte Occidentale è stata considerata un'area decisamente più grande della sola Area Tecnica, in modo da poter valutare gli effetti della transizione sia verso l'esterno dell'Area Tecnica, sia verso l'Area Tecnica dall'esterno. L'area di simulazione è suddivisa in 86027 pixel di spaziatura 30''. Gli impianti considerati sono stati 5500, di cui 1423 all'interno dell'Area Tecnica. Le emittenti per cui sono state eseguite valutazioni sono 53.

Le valutazioni di area servita sono state eseguite per l'intera Area Tecnica e separatamente per le province di Cuneo e Torino. Inoltre sono state eseguite le valutazioni di interferenza verso le aree limitrofe non interessate per il momento dallo *Switch-Off*, evidenziando gli impianti digitalizzati più critici.

### **Trento-Bolzano**

Per le valutazioni nell'Area Tecnica di Trento-Bolzano, è stata utilizzata un'area di simulazione suddivisa in 157.350 pixel di spaziatura 18''. Gli impianti considerati sono stati circa 4000, di cui 1800 circa all'interno dell'Area Tecnica. Le emittenti per cui sono state eseguite valutazioni sono 44.

Le valutazioni sono state eseguite quasi esclusivamente in modo separato per le province di Trento e Bolzano.

### **Lazio (eccetto Viterbo)**

Per le valutazioni nell'Area Tecnica Lazio eccetto Viterbo, è stata utilizzata un'area di simulazione suddivisa in 41.764 pixel di spaziatura 30''. Gli impianti considerati sono stati circa 4800, di cui 1250 circa all'interno dell'Area Tecnica. Le emittenti per cui sono state eseguite valutazioni sono state circa 90 (l'insieme effettivo di emittenti presenti è stato noto con certezza poco prima della data di inizio dello *Switch-off*).

Le valutazioni di area di servizio sono state eseguite per l'intera Area Tecnica e separatamente per ogni provincia. In particolare, per tutte le emittenti non nazionali si è proceduto al confronto dell'area di servizio prima e dopo lo *switch-off*. Sono state eseguite valutazioni di dettaglio relative all'uso post-*Switch-off* di alcuni specifici canali.

## **Campania**

Per le valutazioni nell'Area Tecnica Campania, è stata utilizzata un'area di simulazione suddivisa in 31.521 pixel di spaziatura 30''. Gli impianti considerati sono stati circa 4600, di cui 1200 circa all'interno dell'Area Tecnica. Le emittenti per cui sono state eseguite valutazioni sono state circa 90 (l'insieme effettivo di emittenti presenti è stato noto con certezza poco prima della data di inizio dello *Switch-off*).

Le valutazioni di area di servizio sono state eseguite per l'intera Area Tecnica e separatamente per ogni provincia. In particolare, per tutte le emittenti non nazionali si è proceduto al confronto dell'area di servizio prima e dopo lo *switch-off*. Sono state eseguite valutazioni di dettaglio relative all'uso post-*Switch-off* di alcuni specifici canali.

Inoltre negli Allegati 1 e 2 viene presentato uno studio relativo alla valutazione e all'interferenza co-canale e tra canali adiacenti tra il segnale DVB-T ed il segnale relativo a sistemi mobili di 4° generazione in banda UHF

## **4 Sviluppi futuri delle attività**

L'attività continuerà sulle stesse linee-guida fino al completamento del passaggio al digitale sull'intero territorio nazionale. In particolare, nella seconda metà del 2010 è previsto lo *switch-off* di tutta l'area padana, del Friuli-Venezia-Giulia e della Liguria.

Le previsioni delle aree di servizio prima e dopo lo *switch-off* saranno molto più complesse e voluminose a causa della situazione orografica (l'interferenza si estende su aree molto vaste), del notevole numero di emittenti e della necessità di ottemperare ai vincoli di interferenza verso i paesi limitrofi. Occorre valutare strategie di ottimizzazione per limitare il volume di dati e i tempi di calcolo. Per l'intera area

padana si sta procedendo ai calcoli di propagazione su un numero di pixel pari a circa 500.000.

Inoltre, in previsione della consegna del Piano per l'Assegnazione delle Frequenze da parte dell'AGCOM, sarà necessario implementare le procedure per verificare la rispondenza delle assegnazioni di frequenza e delle reti delle emittenti ai requisiti stabiliti dal Piano.

Ulteriori procedure in corso di elaborazione riguardano la messa a punto di strumenti che consentano di valutare l'effetto di ipotesi di assegnazione in tempi quasi immediati, in modo da poter assistere in maniera efficiente il processo di assegnazione delle frequenze.

## Allegati

---

Documenti allegati nel CD:

- Studio e valutazione dell'interferenza co-canale e tra canali adiacenti tra il segnale DVB-T ed il segnale relativo a sistemi mobili di 4° generazione in banda UHF.  
Definizione dei parametri, delle grandezze fisiche di interesse e della metodologia di calcolo per l'analisi interferenziale
- (PROG05CONV\_Allegato1.pdf)
  
- Studio e valutazione dell'interferenza co-canale e tra canali adiacenti tra il segnale DVB-T ed il segnale relativo a sistemi mobili di 4° generazione in banda UHF.  
Simulazione dell'interferenza co-canale e da canale adiacente tra un segnale DVB-T ed un segnale Mobile WiMax ( BS e UE) tramite il software MATLAB 7.0
- (PROG05CONV\_Allegato2.pdf)
  
- Relazione finale: Supporto per il progetto di reti e la verifica di interferenza mutua mob-tv
- (PROG05CONV Relazione Finale 2009.pdf)



**Supporto al Ministero per le  
attività di coordinamento  
internazionale**

PROG06CONV

Responsabile Ing. Cristiano Passerini





## Supporto al Ministero per le attività di coordinamento internazionale

### *PROG06CONV – Responsabile Ing. Cristiano Passerini*

## Attività

### A-1 Analisi dello sviluppo della transizione al digitale

#### *i. In Italia*

Nel 2009 l'Italia ha intrapreso la prima parte del processo di spegnimento della televisione analogica, affrontando il problema della transizione delle aree continentali, avendo iniziato lo switch-off con la regione Sardegna.

Il processo compiuto nel 2009 è stato in linea con quanto dettato dal Decreto Ministeriale 10 settembre 2008, in attuazione dell'art. 8 novies, comma 5 della Legge 101/08, ma durante i primi mesi dell'anno è stato introdotto da parte dell'Autorità un interessante nuovo scenario di transizione con la Delibera n. 181/09/CONS, “Criteri per la completa digitalizzazione delle reti televisive terrestri”, che ha dato un chiarimento dell'entità di spettro che ragionevolmente l'Italia ha intenzione di impiegare a seguito della transizione al digitale terrestre con conseguente apertura del mercato a nuovi entranti.

Sulla base inoltre delle Delibere n. 506/08/CONS, n. 234/09/CONS, n. 327/09/CONS, n. 294/09/CONS, n. 295/09/CONS e n. 426/09/CONS, è stato possibile preparare degli studi preliminari in grado di qualificare nei confronti delle nazioni estere (in particolare, Francia, Austria e Città del Vaticano) l'effettivo impatto della transizione al sistema digitale.

#### *ii. All'estero*

Sono stati mantenuti contatti con le nazioni estere che, relativamente al tema dell'interferenza elettromagnetica, sono impattate o impattano in modo più significativo con la nostra nazione. Questi incontri hanno proseguito l'attività avviata nell'anno precedente, come nel caso della Francia, o sono stati intrapresi in considerazione del calendario di digitalizzazione, come nel caso dell'Austria, della Svizzera e di Città del Vaticano, oppure, grazie all'iniziativa voluta dalla Fondazione Bordoni, dalla Regione del Veneto e dal Ministero dello Sviluppo Economico/Dipartimento per le Comunicazioni, il Workshop “Il Veneto verso il digitale terrestre”, sono stati avviati durante l'anno con un rinnovato spirito di collaborazione, permettendo di avere un quadro più preciso delle intenzioni delle nazioni confinanti rispetto al processo di transizione.

La situazione verificata a seguito degli incontri avuti mostra una varietà significativa di approcci ed attese nei confronti del passaggio alla diffusione televisiva terrestre. In questo ambito, la nazione che sembra avere un'intenzione di accrescere significativamente l'offerta televisiva diffusa di trasmettitori terrestri è la Francia. Per le altre nazioni, l'approccio è tendenzialmente quello di

effettuare un passaggio che mantenga inalterato il numero di contenuti ed eventualmente incrementare l'offerta in aree strategiche del territorio (questo approccio è significativamente spinto in Croazia, molto blandamente in Slovenia o Città del Vaticano).

Il caso della Francia risulta, per il processo indicato dal D.M. 10 settembre, avere il maggiore impatto sulla transizione al digitale. Affiancata all'ipotesi di incrementare significativamente il numero di canali a disposizione per la radiodiffusione digitale, la Francia intende portare avanti in tempi brevi una riallocazione della banda alta UHF dai servizi televisivi ai servizi di telecomunicazione mobile. Questa situazione comporta l'introduzione di vincoli più stringenti per la pianificazione del servizio televisivo in Italia e di conseguenza richiede uno studio più approfondito per realizzare il pieno dispiegamento delle reti televisive italiane.

## **A-2    Analisi dei possibili scenari**

Alla luce delle Delibere dell'Autorità e della loro ricaduta sulla pianificazione delle reti televisive fatta dal Ministero, l'attività della Fondazione è stata quella di valutare gli scenari interferenziali, prevalentemente, prodotti dall'entrata in operazione delle reti italiane. Il risultato di questa analisi ha mostrato nel caso della Francia, nazione prevalentemente coinvolta dalle transizioni effettuate durante l'anno 2009, che a seguito di una macro analisi compiuta prima degli switch-off, le situazioni interferenziali sarebbero potute essere molto gravi.

Il reale dispiegamento delle reti nazionali sul territorio della Regione Piemonte ha in realtà dimostrato che l'impatto reale, causato cioè da un'allocazione di risorse a specifici trasmettitori sul territorio (piuttosto che l'impatto teorico, ossia quello impiegato dall'Autorità per compiere le proprie valutazioni di disponibilità di spettro radioelettrico, necessario per l'adeguamento del Piano Nazionale di Assegnazione delle Frequenze), è meno importante rispetto alla macro analisi.

Questo risultato è anche frutto del processo di collaborazione aperto con la controparte estera, che si è dimostrata disponibile ad affrontare pragmaticamente le situazioni specifiche. Una misura di quanto possa risultare differente l'impatto interferenziale basato su macro analisi rispetto all'impatto valutato in base alle allocazioni reali è dato dal confronto del numero di trasmettitori ritenuti impattanti a seguito della Delibera 294/09/CONS (circa 15) e quelli ritenuti impattanti a seguito dell'allocazione di risorse (3). Per questi ultimi si è provveduto alla modifica del diritto d'uso nei confronti degli operatori coinvolti, eliminando il rischio interferenziale.

Questo processo di analisi degli scenari ha quindi evidenziato la cautela che è necessaria nell'affermazione che il processo di transizione ha forti potenzialità interferenziali nei confronti delle nazioni estere, in quanto le macro analisi necessariamente non sono in grado di riscontrare l'effettiva allocazione sul territorio delle frequenze e non possono tenere conto della capacità degli operatori di adeguare la propria rete alla nuova allocazione frequenziale, sia in termini di correzione dei parametri operativi per consentire il funzionamento di reti SFN, sia in termini di tempi di dispiegamento sul territorio delle risorse necessarie a realizzare le reti. L'esame della situazione interferenziale legata alla transizione della Regione Lazio sono ancora in fase di studio.

Analogamente al caso francese, nel caso dell'Austria, durante la macro analisi sono stati evidenziati solo alcuni casi di potenziale interferenza verso la nazione austriaca, casi che poi si sono risolti alla fine del processo di transizione dell'Alto Adige.

## **A-3    Coordinamento**

### ***i.        Francia***

Nel corso dell'anno, sono stati condotti sette incontri bilaterali con la Francia. Durante gli incontri gli studi sono stati diretti a definire uno scenario di riferimento in grado di contemplare le esigenze italiane in termini di impiego intensivo dello spettro radioelettrico per la televisione digitale

terrestre e le esigenze francese di incremento significativo della banda impiegata per la televisione e la contemporanea necessità di liberare lo spettro della parte alta della banda UHF per fare posto alle radiocomunicazioni mobili.

Questo scenario ha logicamente due aree geografiche di applicazione: l'area dell'arco alpino di confine tra Italia e Francia e l'area tirrenica. La scelta italiana di realizzare reti nazionali SFN a nord e sud degli Appennini ha creato una qualche rigidità nello scenario complessivo: questa scelta è del resto giustificata dall'osservazione che una pianificazione differente a nord e a sud degli Appennini avrebbe causato delle situazioni di difficile compatibilità radioelettrica nell'area dell'Italia centrale.

Lo scenario definito ha mostrato che, fatte salve le aree tecniche italiane che sono passate al digitale durante il 2009, si profilano dei problemi nell'area tirrenica. La discussione è ancora aperta, ma necessità sicuramente di un maggiore approfondimento relativo alle effettive esigenze spettrali in Toscana e Liguria, perché l'uso intensivo dello spettro può portare a situazioni interferenziali difficilmente sostenibili. Pur riconoscendo che, ancora, in questo caso si sta affrontando solo la fase di macro analisi, l'entità delle situazioni interferenziali è talmente grande da suggerire che comunque anche l'allocazione reale porterà ad un numero elevato di casi interferenziali da risolvere.

## **ii. Svizzera**

Nel corso dell'anno i tre incontri avuti con l'Amministrazione Svizzera hanno portato ad una correzione della struttura delle allocazioni/assegnazioni ottenute dalle due nazioni a seguito della Conferenza del 2006. In particolare, l'Italia ha evidenziato che per una più efficace distribuzione delle risorse assegnate alla nostra nazione dal Piano del 2006, sarebbe stato opportuno procedere ad alcuni "scambi" frequenziali nell'area di confine del Ticino.

L'Amministrazione Svizzera ha valutato questa possibilità ed ha dato parere positivo affinché si proceda ad una revisione del Piano del 2006, attività questa in corso di formalizzazione.

## **iii. Austria**

L'incontro con l'Amministrazione Austriaca è servito principalmente a presentare il processo di digitalizzazione ed ad evidenziare i casi critici di interferenza italiana. L'Austria ha presentato una situazione pressoché stabilizzata nella quale sono possibili assestamenti che richiedono l'introduzione di varianti rispetto al Piano del 2006, che comunque generalmente hanno uno scarso impatto grazie alle particolari condizioni di separazione orografica tra le due nazioni.

## **iv. Slovenia**

L'incontro con l'Amministrazione Slovena è stato incentrato sui motivi di diffidenza annosi che caratterizzano i rapporti con questa nazione. Lunghi dall'essere incentrati sul tema della diffusione televisiva a valle della Conferenza del 2006, l'incontro è stato focalizzato sul tema generale dell'uso italiano non coordinato dello spettro, in particolar modo nella banda di radiodiffusione sonora. Sono comunque stati presentati all'altra nazione i risultati del coordinamento con la Francia, indicandoli, per il caso televisivo, come il punto di partenza per lo sviluppo di un'attività coordinata nel campo televisivo.

## **v. Croazia**

L'incontro con l'Amministrazione Croata ha avuto caratteristiche simili a quello avuto con l'Amministrazione Slovena: da parte Croata è stata percepita una maggiore volontà costruttiva attorno ai temi dello sviluppo della banda televisiva, piuttosto che avere un quadro di riferimento globale per tutte le questioni di uso condiviso dello spettro.

**vi. Città del Vaticano**

I progetti di sviluppo dell'uso dello spettro radioelettrico da parte dell'Amministrazione Vaticana, pur essendo di dimensione commisurata alla dimensione dello stato, sono progetti importanti dal punto di vista tecnologico e per questo motivo, pur nella comprensione delle necessità di sviluppo evidenziate dall'Amministrazione Italiana, sono stati fissati dei precisi ambiti di uso dello spettro. Le condizioni applicate reciprocamente dovranno essere ratificate.

**vii. San Marino**

Analogamente al caso della Città del Vaticano, le esigenze spettrali dell'Amministrazione Sanmarinese sono estremamente ridotte rispetto a quelle italiane: il processo di coordinamento verrà finalizzato nel corso del 2010, principalmente a seguito della digitalizzazione della regione padana.

## **A-4 Partecipazione ad altri organismi internazionali**

La Fondazione, nel corso del 2009 ha continuato l'attività di partecipazione ai lavori del gruppo CEPT ECC/TG4, in relazione alla possibilità di un uso concordato con i diversi partner europei del digital dividend. Fra i risultati più significativi rientra indubbiamente l'identificazione della banda V UHF come possibile banda armonizzata per il digital dividend europeo, così come stabilito nelle decisioni della passata WRC07.

In allegato sono stati riportati tutti i documenti prodotti nel corso dell'anno durante i diversi meeting tenuti rispettivamente a Praga (Marzo 2009), Budapest (maggio 2009) e Lubiana (settembre 2009)

## Allegati

---

Documenti allegati nel CD:

- MasterPlanVdA\_ Elenco dei Deliverable da produrre nel corso del secondo mandato della CE sull'uso del Digital Dividend
- (PROG06CONV\_Allegato 1 \_Budapest.pdf)
  
- Draft agenda of the 13th ECC/TG4 meeting
- (PROG06CONV\_Allegato 2\_Budapest.pdf)
  
- Measurements on the performance of dvb-t receivers in the presence of interference from the mobile service (especially from umts)
- (PROG06CONV\_Allegato 4\_Budapest.pdf)
  
- Draft agenda of the 14th ECC/TG4 meeting
- (PROG06CONV\_last agenda 14th ECC TG4-meeting.pdf)
  
- Rapporto del meeting di Lubiana del gruppo di lavoro ECC-TG4 (dal 21 al 23 settembre 2009)
- (PROG06CONV\_rapporto meeting lubiana.pdf)
  
- Rapporto del meeting di Praga del gruppo di lavoro ECC-TG4 (dal 3 al 6 marzo 2009)
- (PROG06CONV\_rapporto meeting praga.pdf)
  
- Rearrangement Activities for Broadcasting Services in Order to Free the Sub-Band 790-862 MHz
- (PROG06CONV\_TG4\_09\_TEMP01REV1\_Working document on deliverable C.pdf)
  
- Rapporto del meeting di Budapest del gruppo di lavoro ECC-TG4 (dal 25 al 27 maggio 2009)
- (PROG06CONVrapporto meeting budapest.pdf)
  
- Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate on "Technical considerations regarding harmonisation options for the digital dividend in the European Union" . "Guideline on cross border coordination issues between mobile services in one country and broadcasting services in another country"
- (PROG06CONVTG4\_09\_262-ANNEX3\_DRAFT NEW CEPT REPORT ON DELIVERABLE A.pdf)
  
- Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate on "Technical considerations regarding harmonisation options for the digital dividend in the European Union" "Recommendation on the best approach to ensure the continuation of existing Program Making and Special Events (PMSE) services operating in the UHF (470-862 MHz), including the assessment of the advantage of an EU-level approach"
- (PROG06CONV\_Allegato 3\_Budapest.pdf)
  
- Relazione finale: Supporto al Ministero per le attività di coordinamento internazionale
- (PROG06CONVRelazioneFinale2009.pdf)



## Attività di disseminazione e sensibilizzazione degli stakeholders

PROG07CONV

Responsabile Ing. Ferdinando Lucidi





## **Attività di disseminazione e sensibilizzazione degli stakeholders**

***PROG07CONV - Responsabile Ing. Ferdinando Lucidi***

### **SOMMARIO DELLE ATTIVITA' 2009**

Con la Convenzione del 27 dicembre 2007 il Ministero delle Comunicazioni ha affidato alla Fondazione Ugo Bordoni (FUB) le attività di supporto tecnico, scientifico, operativo, logistico e di comunicazione, nonché di monitoraggio nell'ambito degli interventi finanziati con il "Fondo per il passaggio al digitale". Nell'ambito di tale Convenzione le principali attività della FUB dovevano riguardare tutti i processi che avrebbero portato allo switch-off basato sulla piattaforma DVB-T (digitale terrestre). Il progetto "Attività di disseminazione e sensibilizzazione degli stakeholders" ha lo scopo di definire e mettere concretamente in campo tutti gli strumenti informativi e di supporto alla cittadinanza e a tutti gli altri stakeholders coinvolti nei processi di switch-over e switch-off delle aree "all digital" (Task Force specifiche, enti locali, cittadini, associazioni di categoria, emittenti, ecc.).

Gli obiettivi strategici del progetto sono elencati di seguito.

- A partire dai masterplan definiti nell'ambito del progetto "Pianificazione della Transizione nelle Aree Tecniche" relativo allo switch-off e ai dati forniti dalle emittenti coinvolte, realizzare i database informativi sui processi di transizione delle varie aree all-digital in grado di rispondere alle più diverse questioni su coperture, comuni coinvolti, date, impianti trasmissivi, ecc..
- Realizzare i siti web per gli switch-off nelle varie aree all-digital in grado di fornire in tempo reale la visualizzazione dell'andamento della transizione, sia in termini generali sia per ogni emittente, relativamente ai comuni mano a mano interessati alla trasformazione da analogico a digitale dei singoli impianti trasmissivi.

- Sensibilizzare gli stakeholders fornendo informazioni sulla transizione al digitale (comuni coinvolti, tempi, impianti di ricezione televisiva domestica, decoder, ecc.) attraverso materiale illustrativo prodotto ad hoc, incontri e corsi di formazione.
- Informare e assistere gli utenti e i rivenditori attraverso l'utilizzo di un call center di cui verrà curata la definizione dell'intera base informativa e la formazione degli operatori.
- Monitorare e verificare le caratteristiche funzionali dei decoder.

Naturalmente, tutte le aree di ricerca FUB sono coinvolte ciascuna per la propria competenza nell'opera di sensibilizzazione degli stakeholders attraverso convegni, seminari e corsi di formazione di supporto metodologico e conoscitivo, eventualmente estendibili, se richiesti, anche al personale del Ministero, degli Ispettorati e/o di altri Enti interessati.

Le principali attività svolte dalla FUB nell'ambito di questo progetto per il 2009 sono brevemente elencate di seguito.

In primo luogo si è partecipato ai lavori delle task force nel quadro degli interventi relativi agli switch-over e agli switch-off delle Aree Tecniche di Valle d'Aosta, Piemonte Occidentale, Trentino Alto Adige, Lazio e Campania. Per queste aree sono stati curati degli incontri con installatori e rivenditori allo scopo di fornire le necessarie informazioni sui decoder digitali, sulle postazioni trasmissive coinvolte e sugli impianti di ricezione televisiva domestica. Si sono anche tenuti dei corsi sui decoder a beneficio delle associazioni di volontariato e degli studenti delle scuole medie inferiori che hanno così potuto fornire assistenza alle fasce più deboli della popolazione per risolvere i problemi di installazione e sintonizzazione. Nei giorni dello switch-off invece si sono gestite e risolte le segnalazioni di problematiche tecnico-amministrative verificatesi nei comuni interessati e provenienti anche da autorità locali. Ciò ha comportato un'importante azione di coordinamento tra utenti, call center, operatori televisivi e Ministero dello Sviluppo Economico-Comunicazioni. Per il controllo e la gestione del processo di transizione analogico/digitale di ciascuna Area Tecnica sono stati "messi a punto" dei database informativi nei quali sono stati strutturati tra l'altro i dati dei relativi "Masterplan" prodotti dal progetto "Pianificazione della Transizione nelle Aree Tecniche", le informazioni fornite dalle emittenti coinvolte e le localizzazioni geografiche di tutti i comuni coinvolti. I

database sono risultati di grande efficacia al fine di rispondere alle più diverse questioni su coperture, comuni coinvolti, date, impianti trasmissivi, ecc.

Per il controllo e la gestione degli switch-off nelle 5 Aree Tecniche sopra citate sono state inoltre definite e implementate una serie di procedure tecnico amministrative per l'interscambio delle informazioni riguardanti le trasformazioni degli impianti (da analogico a digitale) tra le emittenti coinvolte e il Ministero.

Accanto al database informativo ed in stretto legame con esso è stato realizzato un sito web sul processo di transizione riservato agli "addetti ai lavori" (Ministero, AGCOM, emittenti coinvolte, ecc.). Il sito ha consentito il monitoraggio della transizioni nel periodo 14 settembre – 16 dicembre 2009 fornendo costantemente (in tempo reale) l'andamento dello switch-off in termini di comuni sui quali a mano a mano si compiva il passaggio al digitale delle singole emittenti. Il sito ha fornito anche la possibilità di visualizzare l'andamento generale della transizione e di scaricare materiale informativo per la gestione del processo sempre aggiornato alla situazione reale del momento.

Un ruolo fondamentale è stato giocato dalla campagna di disseminazione delle informazioni sullo switch-off e di sensibilizzazione degli stakeholders (cittadini, enti locali, ecc.) e l'allestimento del call center "utenti e rivenditori".

La campagna è consistita in una serie di incontri, molto sostenuta soprattutto nel periodo settembre-dicembre 2009, e un insieme di documenti resi pubblici attraverso i principali mezzi di comunicazione (Internet, stampa, televisione) come ad esempio:

- FAQ sulla televisione digitale per fornire le risposte più comuni sulle problematiche relative alla transizione analogico/digitale. Queste FAQ sono state tenute costantemente aggiornate e sono state integrate con ulteriori argomenti che si sono resi necessari nel periodo immediatamente precedente ai vari switch-over e switch-off e nel corso degli stessi.
- Schede giornaliere e schede comunali per informare la cittadinanza sui tempi del passaggio al digitale e sui comuni e sulle emittenti interessati. In particolare sono state realizzate 57 Schede Giornaliere (una per ogni giorno della transizione delle Aree Tecniche interessate) con l'indicazione dei comuni principalmente e marginalmente coinvolti al passaggio al digitale nel giorno indicato e oltre 2300 schede comunali (una per ogni comune interessato) con l'indicazione delle emittenti e del giorno in cui sarebbero passate al digitale.

Il call center è stato lo strumento cardine che ha consentito la gestione delle problematiche sul passaggio al digitale soprattutto nei confronti dei cittadini. La FUB ne ha curato tutta la parte informativa (base di conoscenza utilizzata) e l'addestramento specifico degli operatori. Inoltre, sono state messe a punto le procedure per lo screening delle chiamate allo scopo di arrivare rapidamente a capire il tipo di problema e a fornire la risposta più adeguata e sono state preparate 2293 schede operatore (una per ogni comune interessato) in grado di dare risposte più approfondite ad eventuali problemi che gli utenti di un comune potevano presentare. Queste schede erano aggiornate in tempo reale dal in base all'andamento dello switch-off, e potevano essere consultate dagli operatori del Call Center su alcune pagine web create ad-hoc.

Di fondamentale importanza per le informazioni da passare al call center è stato il lavoro di analisi, iniziato già nel 2008 e proseguito per tutto il 2009, teso all'individuazione e alla valutazione delle criticità tecniche relative alla trasformazione digitale degli impianti trasmissivi soprattutto per il loro impatto sugli impianti di ricezione domestica degli utenti. Forti anche dell'esperienza conseguita durante lo switch-off in Sardegna del 2008, le maggiori criticità individuate sono state la sintonizzazione dei programmi televisivi digitali con il decoder, operazione non sempre alla portata delle persone che hanno poca dimestichezza con la tecnologia, e il cambiamento di canalizzazione (da italiana a europea) in Banda III VHF. E' stato quindi potenziato il lavoro sul test bed per la verifica delle funzionalità dei decoder realizzato nel 2008. Come risultato sono state riscritte, in termini di operazioni elementari da compiere col telecomando, le procedure di sintonizzazione per tutti i decoder ammessi a contributo dal 2004 ad oggi (circa un centinaio di modelli); per essi sono state altresì descritte le funzioni per la numerazione automatica dei canali (LCN) e i comportamenti per la sintonia in Banda III VHF.

Durante gli switch-off i call center sono stati in parte anche presidiati da personale FUB consentendo la risoluzioni in tempi rapidi dei problemi imprevisti che si sono via via presentati.

## **INDICE**

1. Introduzione
2. Database informativi sui processi di transizione nelle Aree Tecniche 2009
3. Documentazione pubblica sulla transizione digitale nelle Aree Tecniche 2009 (Schede Giornaliere e Comunali)
4. Test bed per la verifica delle funzionalità dei decoder
5. Procedure di sintonizzazione decoder
6. Procedure tecnico amministrative per il controllo delle trasformazioni degli impianti in Sardegna
7. Call center utenti (albero di decisione, schede operatore, andamento chiamate, formazione operatori)
8. Sensibilizzazione stakeholders (studenti e volontari)
9. Sito web per il monitoraggio real time della transizione in Sardegna

## **Allegati**

- A. FAQ utenti
- B. Elenco comuni switch-over
- C. Mappe switch-over
- D. Schede Giornaliere
- E. Schede Comunali
- F. Procedure di sintonizzazione decoder
- G. Schede decoder
- H. Formati SMS e E-MAIL

- I. Schede operatore
- L. Corso operatori call center
- M. Corso volontari

## 1. Introduzione

Entro la fine del 2012 tutta l'Italia sarà "digitale": le trasmissioni televisive potranno essere ricevute solo se l'utente si sarà dotato di un decoder o di un televisore con decoder integrato.

Il passaggio al digitale è iniziato con la Sardegna dove lo *switch-off* totale si è concluso il 31 ottobre 2008 con il coinvolgimento di tutti i 377 comuni sardi e di oltre 1.600.000 cittadini. La Sardegna ha costituito una sorta di laboratorio di sperimentazione sia dal punto di vista tecnico che organizzativo, propedeutico per la definizione di una serie di procedure che sono state poi riproposte nelle 5 aree tecniche di Valle d'Aosta, Piemonte Occidentale, Trentino Alto Adige, Lazio e Campania per cui si è completato lo *switch-off* nel corso del 2009.

Per la realizzazione del processo di transizione è stato necessario seguire un preciso percorso operativo conseguente ad una serie di indicazioni stabilite in ambito nazionale e internazionale, le cui tappe principali sono state definite sulla base delle decisioni prese, nel giugno 2006, nell'ambito della Conferenza Regionale ITU GE06 che ha stabilito le regole per il passaggio dalla tecnologia analogica alla tecnologia digitale per la diffusione radio-televisiva terrestre, ha definito le modalità di utilizzo dello spettro in Europa e nel Nord Africa e le regole di coordinamento internazionale, ha indicato la data di spegnimento definitivo delle reti analogiche (2015) e la relativa protezione dall'interferenza proveniente da paesi confinanti e, infine, ha previsto l'uso, in ampie aree di servizio, di una singola frequenza da assegnare in modo esclusivo ad un unico operatore.

Da queste prescrizioni, sancite in quella data ma già ampiamente previste e in qualche modo precorse dai singoli Stati (in Italia già dal 2004 era stata lanciata la TV digitale con l'introduzione in modo capillare dell'incentivazione all'acquisto di decoder digitali), sono derivate una serie di attività che hanno coinvolto i due referenti istituzionali responsabili della pianificazione e della gestione dello spettro radioelettrico: il Ministero delle Comunicazioni, oggi Ministero dello Sviluppo Economico-Comunicazioni e l'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (di seguito AGCOM), che, ciascuno per i propri compiti, hanno formalizzato una serie di attività.

In particolare il Ministero ha istituito delle *Task Force* per le varie Aree Tecniche alla quale partecipano, oltre al Ministero, le emittenti nazionali e locali e la FUB.

La task force è l'organo che stabilisce tutte le modalità operative secondo le quali deve essere realizzato il processo della transizione nella specifica Area Tecnica. Al tavolo della task force vengono definite le iniziative da intraprendere, i tempi di realizzazione delle varie azioni, viene verificato il reale stato di attuazione dei protocolli d'intesa, si stabiliscono i criteri di erogazione dei contributi pubblici per l'acquisto dei decoder, si pianificano le campagne di comunicazione.

L'effettiva realizzazione di un percorso complesso come quello della completa transizione alla trasmissione in tecnica digitale, con il conseguente spegnimento di ogni impianto trasmettente in tecnica analogica, deve essere pianificata seguendo una serie di passi che tengano conto non solo delle difficoltà tecniche ma soprattutto dell'impatto che tale processo ha, inevitabilmente, sulla popolazione.

Nel 2009 il processo di digitalizzazione ha investito oltre 200 emittenti, fra nazionali e locali, per una popolazione complessiva di quasi 15 milioni abitanti.

La pianificazione è stata articolata in una serie di switch-over (digitalizzazione delle sole reti tv televisive di RaiDue e Retequattro) e successivi switch-off (digitalizzazione completa di tutte le emittenti) secondo il calendario riportato in Figura 1.1 e 1.2.

<b>Aree Tecniche</b>	<b>Switch-over (RaiDue e Retequattro)</b>
Trentino	15 febbraio
Piemonte Occidentale	20 maggio
Lazio	16 giugno
Campania	14 ottobre

Figura 1.1: Calendario switch-over 2009

La buona riuscita di un processo come quello sopra delineato, presuppone la pianificazione di una serie di attività volte a garantire tutti i soggetti a vario titolo coinvolti, con un'attenzione particolare agli utenti, che devono essere puntualmente e compiutamente informati sull'intero svolgimento del processo. Tra queste attività la FUB ha rivestito un ruolo fondamentale:

- nella definizione del Masterplan<sup>1</sup>;
- nella campagna di comunicazione;
- nell'attivazione di un call center ad hoc;
- nel controllo e nella gestione operativa degli switch-over e degli switch-off.

<b>Aree Tecniche</b>	<b>Switch-off</b>
Valle d'Aosta	14 - 22 settembre
Piemonte Occidentale	24 settembre – 9 ottobre
Trentino Alto Adige	15 ottobre – 13 novembre
Lazio	16 – 30 novembre
Campania	1 – 16 dicembre

Figura 1.2: Calendario switch-off 2009

La campagna di comunicazione è stata pensata per informare tutti i cittadini su tempi e modalità del passaggio al digitale, nonché per fornire gli strumenti necessari per potersi preparare al cambiamento. L'informazione è stata veicolata su tutti i principali mezzi di comunicazione: la stampa, le TV locali, Internet.

Sul sito web [www.fub.it](http://www.fub.it), accessibile ai soli addetti ai lavori (Ministero, emittenti, FUB) sono stati ospitati gli aggiornamenti in tempo reale sulle varie fasi del passaggio. Documentazione pubblica invece è stata resa disponibile sul sito [www.decoder.comunicazioni.it](http://www.decoder.comunicazioni.it).

Sono state predisposte e realizzate anche attività di raccordo con gli enti locali, le associazioni dei consumatori, le associazioni di volontariato e degli installatori per fornire supporto e informazioni a tutti i cittadini, con particolare riferimento agli appartenenti alle fasce deboli. A tal fine, si sono svolti appositi incontri con rappresentanti delle categorie citate e, grazie alla collaborazione degli enti locali, anche brevi corsi concernenti indicazioni pratiche sulla installazione e sintonizzazione dei decoder a beneficio delle associazioni di volontariato e degli allievi di alcune scuole medie inferiori e superiori.

Il call center, operato da Poste Italiane con il numero verde 800.022.000, si è dimostrato strumento fondamentale per fornire informazioni e assistenza ai cittadini.

<sup>1</sup>Vedi progetto PROG03CONV "Pianificazione della Transizione nelle Aree Tecniche"

Nei vari switch-over sono state ricevute complessivamente circa 300.000 chiamate mentre nel periodo 5 switch-off (settembre-dicembre) le chiamate sono state oltre 570.000.

Per ognuna delle Aree Tecniche nei giorni dei relativi switch-off è stata attivata una sala operativa al fine di monitorare e seguire tutte le operazioni di transizione al digitale realizzate dalle emittenti e di raccogliere eventuali segnalazioni effettuate dai cittadini al call center. Le emittenti hanno comunicato entro le ore 10:00 di ogni giorno di transizione l'avvenuto spegnimento dei propri impianti in analogico e contestualmente, o anche successivamente, la loro riaccensione in digitale. Questo ha consentito di fornire una informazione sempre attuale a tutti i cittadini che si sono rivolti al call center. La regolarità delle transizioni al digitale è stata inoltre verificata sia dai laboratori mobili dei vari Ispettorati Territoriali del Ministero.

## 2. Database informativi sui processi di transizione nelle Aree Tecniche 2009

Per il controllo e la gestione del processo di transizione analogico/digitale nelle Aree Tecniche si sono realizzati degli appositi database informativi. Tali database hanno reso possibile la gestione di una quantità di dati analitici, alcuni disponibili prima dell'inizio dei periodi di switch-off, altri dipendenti da eventi che avvenivano durante lo svolgimento degli switch-off stessi. A fianco al database vero e proprio si è prodotto codice (query SQL e programmi PHP) per generare una quantità di schede, tabelle e mappe informative, sia predittive che consuntive, destinate ai cittadini (vedi Sezione 4 “Documentazione pubblica sulla transizione digitale nelle Aree Tecniche 2009”) e alle Autorità e alle emittenti (vedi Sezione 11 “Sito web per il monitoraggio real time della transizione in Sardegna”)

### 2.1 Fonti utilizzate

Per il controllo e la gestione del processo di transizione analogico/digitale in Sardegna si è realizzato un apposito database informativo. Le fonti utilizzate sono state:

- i Masterplan delle transizioni, prodotto dal progetto “Pianificazione della Transizione nelle Aree Tecniche” (vedi Figura 2.1a-f);
- le dichiarazioni sulle coperture comunali (ante-transizione) degli impianti-frequenza fornite da alcune emittenti (vedi Figura 2.2);
- il Database degli Impianti Televisivi nel Territorio Italiano, di seguito indicato come “Database degli Impianti” (vedi Figura 2.3).

I Masterplan delle transizioni, che definiscono quali impianti-frequenza effettuano la transizione, quando la effettuano, e verso quale canale radioelettrico, sono stati agevolmente modellati nei database delle transizioni. I dati provenienti dalle emittenti, in quanto incompleti e non omogenei, hanno invece richiesto una fase preventiva di elaborazione.

Le emittenti infatti, seppur invitate a fornire le informazioni secondo precisi standard, hanno comunicato i dati di copertura utilizzato identificativi incompleti e differenti livelli di dettaglio.

- **Identificativi.** Mancato uso dell'identificatore univoco dell'impianto riportato nel Database degli Impianti; molte emittenti hanno indicato il sito con un nome differente da quello riportato nel Database degli Impianti.
- **Dettaglio.** Alcune emittenti hanno fornito un indice di penetrazione (il sito xx serve lo zz% della popolazione del comune yy), altre invece hanno indicato la copertura del singolo comune in termini on/off (il sito xx serve il comune yy).

I dati di copertura dichiarati dalle emittenti hanno quindi richiesto una armonizzazione dei nomi con quelli riportati nel Database degli Impianti e una modellazione omogenea del differente livello di dettaglio (on/off o indice di penetrazione) nei database.

Numero Transizione	Fase	Data	Identificante	Idimpianto	EmiLocali	Idclilo	Tipirecord	NomeStaz	Localita	Comune	Latit	Longit	Alt	CanalDispignere	CanalAssignato	ProgrammaAttuale	BolquantiAttuale	Mux	EpMuxAttuale	EpMuxVAttuale	Note
8	1	14 set 09	1070018	51982		VDA0034	TD1	PUNTA HELBRONNER	PUNTA HELBRONNER	COURMAYEUR	45N5043	06E5535	3366	21	37		LA3TV	Mux LA3TV div_b	19		
9	1	14 set 09	1000001	23420		VDA0015	TA0	LA THULE		LA THULE	45N4255	06E5621	1600	11	11	RAI-TV01		Mux1-RAI	13		

Figura 2.1a: Frammento del Masterplan della transizione nell'Area Tecnica 2 2 "Valle d'Aosta"

Numero Transizione	Zona	Data	preloc	Identificante	Idimpianto	Tipirecord	NomeStazione	Localita	Comune	Prey	Latit	Longit	Alt	CanalDispignere	CanalAssignato	Programma	BolquantiAttuale	Mux	EpMuxAttuale	EpMuxVAttuale	
AD3-0001	1	24 set 09	2000001	24334	TA0		DOGLIANI CASCHIA VERGONO		DOGLIANI	CH	9	9	RAI-TV01		RAI-TV01			Mux1-RAI			
AD3-0002	1	24 set 09	2000001	24339	TA0		COMELANGHE D'ALBA		COMELANGHE D'ALBA	CH	9	9	RAI-TV01		RAI-TV01			Mux1-RAI			

Figura 2.1b: Frammento del Masterplan della transizione nell'Area Tecnica 1 "Piemonte occidentale"

Numero Transizione	Sottizona	Zona	Data	preloc	Identificante	Idimpianto	Tipirecord	NomeStazione	Localita	Comune	Prey	Latit	Longit	Alt	CanalDispignere	CanalAssignato	ProgrammaAttuale	BolquantiAttuale	Mux	EpMuxAttuale	EpMuxVAttuale	
AN479-0001	TI1	1	15/10/2009	2000001	23466	TA0		SILORINZO DI SARNALE		LOMASCO	TI1	46N0218	10E5423	625	11	11	RAI-TV01		Mux1-RAI			
AD479-0002	TI1	1	15/10/2009	2000001	24173	TA0		CASTEL COCENIGO		CIPIEGG	TI1	43N5424	10E3726	776	11	5	RAI-TV01		Mux1-RAI			

Figura 2.1c: Frammento del Masterplan della transizione nell'Area Tecnica 4a (Trentino)

Numero Transizione	Sottizona	Zona	Data	preloc	Identificante	Idimpianto	Tipirecord	NomeStazione	Localita	Comune	Prey	Latit	Longit	Alt	CanalDispignere	CanalAssignato	ProgrammaAttuale	BolquantiAttuale	Mux	EpMuxAttuale	EpMuxVAttuale	
AN482-0001	EZ	3	28/10/2009	2000001	23069	TA0		S.FIORIANO		SIENA	EZ	46N1719	11E1438	245	11	11	RAI-TV01		Mux1-RAI			
AD482-0002	EZ	3	28/10/2009	2000001	23264	TA0		SORVEG		SARENTERIO	EZ	46N4344	11E1921	1905	11	9	RAI-TV01		Mux1-RAI			

Figura 2.1d: Frammento del Masterplan della transizione nell'Area Tecnica 4b (Alto Adige)

Numero Transizione	Sottizona	Zona	Data	preloc	Identificante	Idimpianto	Tipirecord	NomeStazione	Localita	Comune	Prey	Latit	Longit	Alt	CanalDispignere	CanalAssignato	ProgrammaAttuale	BolquantiAttuale	Mux	EpMuxAttuale	EpMuxVAttuale	
AN482-0001	EZ	3	28/10/2009	2000001	23069	TA0		S.FIORIANO		SIENA	EZ	46N1719	11E1438	245	11	11	RAI-TV01		Mux1-RAI			
AD482-0002	EZ	3	28/10/2009	2000001	23264	TA0		SORVEG		SARENTERIO	EZ	46N4344	11E1921	1905	11	9	RAI-TV01		Mux1-RAI			

Figura 2.1e: Frammento del Masterplan della transizione nell'Area Tecnica 12 (Lazio)

Numero di stazione	Settore	Zona	Data	proloc	ID emittente	ID impianto	Tipologia	Nome stazione	Località	Comune	Prov.	Latit	Longit	Alt	Canale	Programma attuale	Doppia Altitudine	Mux	ID impianto attuale	Emittente attuale	
A13-0001	1	01/12/2009	070014	1070014	20022	T01	CASERTA MONTE MONTONE	14.MONTONE	CASERTA	CE	4100517	14E3223	390	66	60	60	60	60	60	60	Mux-TIMB2
A13-0002	1	01/12/2009	070014	1070014	20020	T01	POGGIO SPINELLI	LOC. FOGGIO SPINELLI	CASERTA	CE	4005301	14E0612	60	D	60	60	60	60	60	60	Mux-TIMB2

Figura 2.1f: Frammento del Masterplan della transizione nell'Area Tecnica 13 (Campania)

Prog	id	id impianto	id emittente	id impianto	Reg	Stazione	Net	Ch	Pol	Pc	Cd. Comune	Comune	Dati Comuni Serviti	I.P.	Abitanti	Abit. Serv.	Note
1	30301	900052	CNF117535	15	ACERNO	TOPO DEL MAGNONE	C5	28	V	SA	15065001	ACERNO		99	2.943	2.914	
2	30302	900052	CNF115244	15	AGEROLA		C5	21	V	NA	15063003	AGEROLA		60	7.303	4.382	

EMITTENTE	ID IMPIANTO	NOME STAZIONE	COMUNE COPERTO	COD ISTAT	CANALE DIG	POPOLAZIONE
RETECAPRI	21714	CASERTA VECCHIA	AILANO	61001	57	1594
RETECAPRI	21714	CASERTA VECCHIA	ALIFE	61002	57	7203

nome_emittente	idimpianto	NomeStaz	comune_coperto	codice_istat_co	mun_coperto	canale_analog.
Napoli Canale 21	35043	MONTE FAITO - FUNIVIA	BELLONA	61007		55
Napoli Canale 21	35043	MONTE FAITO - FUNIVIA	CALVI RISORTA	61010		55

Figura 2.2: Frammenti di dichiarazioni di copertura

nome stazione	canale	ID emittente	emittente	latitudine	longitudine	altitudine	comune	provincia	tipo record
<a href="#">CAPOTERRA</a>	21	070014	MBONE	39N1045	08E5741	140	CAPOTERRA	CA	TD1
<a href="#">PIOMBINO</a>	21	070014	MBONE	43N0100	10E3212	4	PIOMBINO	LI	TD1
<a href="#">MONTE ARGENTARIO</a>	22	070014	MBONE	42N2431	11E0917	500	MONTE ARGENTARIO	GR	TD1

Figura 2.3: Frammento del Database degli Impianti

## 2.2 Modello Entità-Relazione (E-R)

Il modello Entità-Relazione (E-R) sul quale sono stati costruiti i database è illustrato in Figura 2.4. Di seguito si descrivono le entità e le relazioni più importanti, utilizzando, per semplicità espositiva, alcuni frammenti delle relative tabelle del database realizzato.

L'entità *Emittente* rappresenta l'emittente analogica o il mux digitale trasmesso da una rete (analogica o digitale) prima del processo di switch-off. L'emittente è identificata da un id progressivo, ha come attributi nome\_attuale, nome\_futuro (entrambi come definiti nel Masterplan), id\_broadcaster (che codifica il broadcaster a cui appartiene, es. Rai, Mediaset, ecc), note e alias\_stampa (nome colloquiale dell'emittente).

L'entità *Stazione* è un nome che, nel Database degli Impianti, individua un insieme di Impianti.

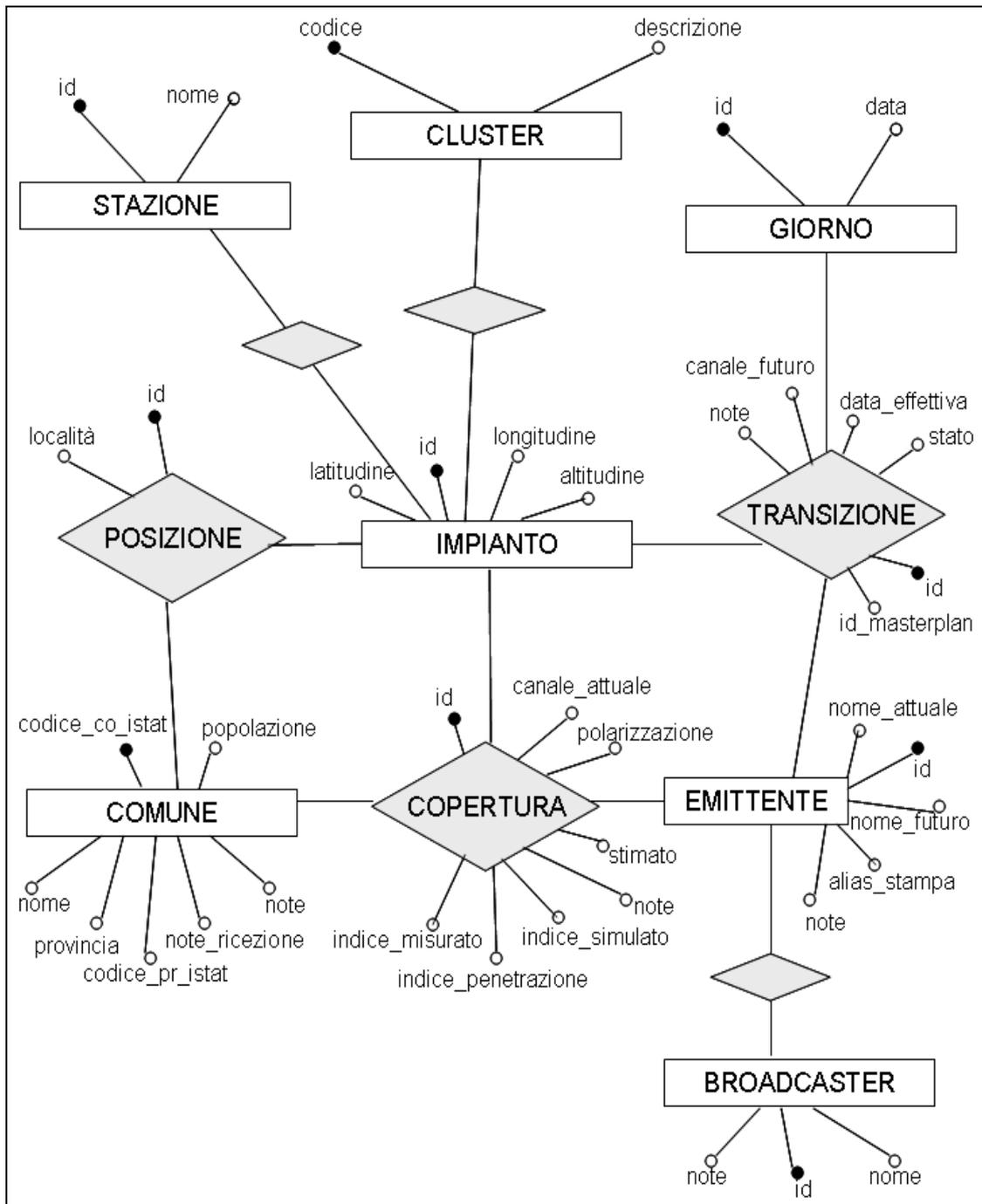


Figura 2.4: Modello E-R

L'entità *Impianto* corrisponde ad un impianto-frequenza censito nel Database degli Impianti. L'impianto è identificato dal codice numerico assegnato nel Database degli Impianti, ha come attributi gli identificativi della stazione e del cluster a cui appartiene e tre coordinate geografiche.

La relazione *Transizione* corrisponde ad una transizione nel Masterplan. Una transizione è identificata da un id progressivo e ha come attributi: l'identificativo della

transizione nel Masterplan, gli identificativi della emittente e dell'impianto, il canale radioelettrico che sarà utilizzato a transizione effettuata, la codifica (da 1 a 15) del giorno previsto nel Masterplan, la codifica dello stato corrente della transizione (0 per "non effettuata", 1 per "effettuata", 2 per "trasmettitore spento"), l'eventuale indicazione di una data prevista differente da quella stabilita nel Masterplan, note.

Le entità e le relazioni sopra descritte consentono di rappresentare nel database il Masterplan e il progresso della transizione degli impianti.

Per rappresentare l'impatto della transizione sull'utenza sono state usate l'entità Comune e la relazione Copertura.

L'entità Comune, identificata dal suo codice istat, ha come attributi il nome, la sigla della provincia, il codice istat della provincia e la popolazione.

La relazione *Copertura* modella la circostanza che una *Emittente* copre un Comune da un certo Impianto. Una copertura è identificata da un id progressivo e ha come attributi: gli identificativi dell'emittente, dell'impianto e del comune, il canale radioelettrico utilizzato (in analogico o in digitale) prima della transizione, l'indice di penetrazione (0-100%) fornito dall'emittente, l'indice di penetrazione stimato tramite simulazione (0-100%), l'indice di penetrazione misurato sul campo (0-100%), la polarizzazione dell'emissione, l'azimut medio dell'impianto come visto dal comune, note. Con riguardo al database realizzato, per indicare che la copertura del comune dall'impianto è asserita ma non si conosce il valore per l'indice si è utilizzato il valore fuori scala "-1". Il valore "Null" è riservato alla stretta mancanza di informazione (come, ad esempio, per l'indice di penetrazione misurato)

#### 2.4 Query sul database

Il database è stato estensivamente utilizzato per produrre le varie schede informative descritte nella Sezione 4 "Documentazione pubblica sulla transizione digitale nelle Aree Tecniche 2009". In questa sottosezione si forniscono alcuni esempi di come il database è stato utilizzato per generare le schede giornaliere e le schede operatore.

Per produrre le 57 Schede Giornaliere (una per ogni giorno della transizione delle Aree Tecniche interessate), si sono estratte dal database, con opportune query SQL:

- l'elenco dei comuni che, in quel giorno, fossero coinvolti in almeno una transizione da analogico a digitale;

- l'elenco dei comuni che, essendo compresi nell'area tecnica in corso di transizione al digitale, in quel giorno, avessero il loro picco in numero di transizioni e popolazione coinvolta dalle stesse (per un comune quel giorno si definisce 'giorno principale di transizione');

In ogni Scheda Gornaliera (vedi Allegato D), i comuni del primo elenco sono evidenziati con un colore: il giallo se compaiono solo in esso e in verde se compaiono anche nel secondo elenco<sup>2</sup>.

La tabella 2.1 riporta, per ogni Area Tecnica: il numero dei comuni compresi nell'area tecnica e la popolazione totale di tali comuni.

<b>Area Tecnica</b>	<b>Numero dei comuni coinvolti</b>	<b>Popolazione dei comuni coinvolti</b>	<b>% sulla popolazione dell'Italia</b>
16 - Sardegna (effettuata nel 2008)	377	1.665.617	2,79
2 - Valle d'Aosta	74	125.979	0,21
1 - Piemonte occidentale *	623	2.921.712	4,90
4 - Trentino Alto Adige	339	1.007.267	1,69
12 - Lazio **	329	5.306.398	8,90
13 - Campania	546	5.805.475	9,74
<b>TOTALE</b>	<b>2288</b>	<b>16.832.448</b>	<b>28,23</b>

\* i 2/3 della popolazione del Piemonte

\*\* il 95% della popolazione del Lazio

Tabella 2.1: Comuni e popolazione coinvolta nella transizione da analogico a digitale.

<sup>2</sup> Non vi sono, ovviamente, comuni che compaiono nel secondo elenco, senza comparire anche nel primo elenco.

### **3. Documentazione pubblica sulla transizione digitale nelle Aree Tecniche 2009**

Per informare la cittadinanza sulla TV digitale, sui tempi del passaggio al digitale, sui comuni coinvolti e sulle emittenti interessate in occasione dei vari switch-over e switch-off, sono stati preparati un insieme di documenti che sono stati diffusi con diversi mezzi di informazione (televisione, stampa, Internet).

I principali documenti sono stati un insieme di FAQ (Frequent Asked Questions) sulla televisione digitale terrestre, sia a carattere generale sia specifiche per gli abbonati e i rivenditori, gli elenchi dei comuni coinvolti e le relative mappe territoriali relative agli switch-over di RaiDue e Retequattro di Trento, Torino, Roma e Napoli, e un insieme di schede (giornaliere e comunali).

#### **3.1 FAQ**

Una prima serie di FAQ a carattere generale sulla televisione digitale sono state rese disponibili sul sito del Ministero [www.decoder.comunicazioni.it](http://www.decoder.comunicazioni.it) allo scopo di fornire le risposte alle domande più comuni che un cittadino può porsi in relazione alla transizione analogico/digitale. Queste FAQ sono raggruppate nelle seguenti tipologie:

- il digitale terrestre e i suoi vantaggi (vedi Tabella 3.1-Esempio 1);
- Il decoder e il contributo statale (vedi Tabella 3.1-Esempio 2);
- Come vedere la televisione digitale terrestre (vedi Tabella 3.1-Esempio 3);
- I programmi (vedi Tabella 3.1-Esempio 4);
- I servizi interattivi (vedi Tabella 3.1-Esempio 5);

Per le questioni più specifiche sui decoder per la televisione digitale e sulle modalità di erogazione di contributi è stata sviluppata un'altra serie di FAQ. In questo caso le domande erano quelle che potevano essere poste da un utente (abbonato) o da un rivenditore di elettronica di consumo che aveva aderito all'iniziativa.

Nella Tabella 3.2 sono elencare a titolo di esempio alcune domande tipiche. Le FAQ relative agli abbonati aggiornata a dicembre 2009 sono riportate nell'Allegato A.

Tutte le FAQ sono tenute costantemente aggiornate e sono integrate con ulteriori argomenti che a mano a mano si rendono necessari con il procedere degli switch-over e switch-off nelle aree tecniche.

Esempio 1.

**Che cos'è la Televisione digitale terrestre (DTT)?**

Il sistema televisivo che ci ha accompagnati per cinquant'anni è detto "analogico". La TV digitale terrestre (DTT, Digital Terrestrial Television, o T-DVB, Terrestrial Digital Video Broadcasting) costituisce una importante innovazione tecnologica che avrà notevoli conseguenze positive sul modo di fruire della televisione stessa. La televisione via satellite è ormai quasi completamente digitale. La trasformazione della TV da analogica a digitale coinvolgerà progressivamente gli oltre 20 milioni di abitazioni e 50 milioni di apparecchi televisivi del nostro Paese, e si completerà - come previsto da una legge del Parlamento italiano- entro il 2012.

Esempio 2.

**Quanti tipi di decoder esistono?**

Esistono sul mercato due tipi di decoder:

- i decoder interattivi, in grado di ricevere programmi televisivi e di utilizzare i nuovi servizi disponibili con la TV digitale
- i decoder non interattivi, o zapper, in grado di ricevere solo i programmi televisivi.

Esempio 3.

**Di cosa ho bisogno per vedere la DTT?**

Di un televisore con sintonizzatore digitale terrestre integrato oppure di un'apparecchiatura di adattamento al tuo televisore in tecnica analogica detta Decoder o Set Top Box, da collegare alla presa d'antenna e al televisore mediante il cavo SCART (lo stesso tipo di cavo usato per collegare il videoregistratore e il decoder satellitare).

Esempio 4.

**Dove posso trovare informazioni sui programmi previsti per il DTT dalle varie emittenti?**

Puoi trovare ulteriori informazioni ai siti

<http://www.dgtvi.net>

<http://www.rai.it>

<http://www.mediaset.it>

<http://www.la7.it>

<http://www.fub.it>

<http://www.fastweb.it>.

Esempio 5.

**E' vero che con la DTT posso accedere a servizi di pubblica utilità?**

Sì, per capire come funzionano tali servizi di utilità si può pensare all'attuale televideo, che è possibile richiamare mentre si sta vedendo un normale programma televisivo. Tuttavia, con la tecnica digitale, i servizi di utilità saranno visibili contemporaneamente ai programmi televisivi (mediante suddivisione dello schermo in zone) e saranno molto più funzionali e attraenti del semplice televideo. Inoltre sarà possibile accedere a una serie di servizi interattivi forniti, per esempio dalle Pubbliche Amministrazioni che renderanno disponibili sulla Televisione digitale terrestre servizi attualmente accessibili solo da Internet o dal cellulare. A tal fine, è necessario però che il decoder sia interattivo, cioè dotato di un canale di ritorno o canale di interazione utilizzando la rete telefonica.

Tabella 3.1: Esempi di domande tipiche nelle FAQ generali

- Il Cliente può usufruire del contributo anche se ha acquistato in precedenza il decoder?
- Con il digitale terrestre, posso vedere il televideo come prima?
- Con il digitale terrestre, posso continuare a vedere i sottotitoli per non udenti?
- Che cos'è l'ordinamento automatico dei canali?
- Che cos'è la sintonizzazione automatica dei canali?
- Come faccio ad avere l'ordinamento automatico dei canali?
- Che cos'è e come funziona l'aggiornamento software del decoder?
- Se eseguo una nuova sintonizzazione del decoder con l'ordinamento automatico dei canali posso comunque riordinare la lista canali come voglio?
- Il decoder, durante la procedura di sintonizzazione o risintonizzazione, richiede di scegliere, per una certa posizione (es. #9) tra diverse emittenti. Cosa devo fare?
- I clienti, titolari di due abbonamenti, possono usufruire di due contributi?

Tabella 3.2: Esempi di domande tipiche nelle FAQ sui decoder e sul contributo

### 3.2 Comuni e mappe territoriali degli switch-over

Relativamente agli switch-over di RaiDue e Retequattro di Trento, Torino, e Roma sono stati approntati gli elenchi dei comuni interessati e sono state realizzate le relative mappe territoriali. I comuni sono stati distinti in: a) quelli coinvolti al passaggio al digitale di entrambe le emittenti; b) quelli coinvolti al solo passaggio di RaiDue; c) quelli coinvolti al solo passaggio di Retequattro. Gli elenchi completi dei comuni sono riportate nell'Allegato B.

Le mappe hanno evidenziato le aree interessate alla digitalizzazione di di RaiDue e Retequattro rispettivamente. A titolo esemplificativo in Figura 3.1 è riportata quella di RaiDue per Roma.

L'insieme completo delle mappe è raccolto nell'Allegato C.

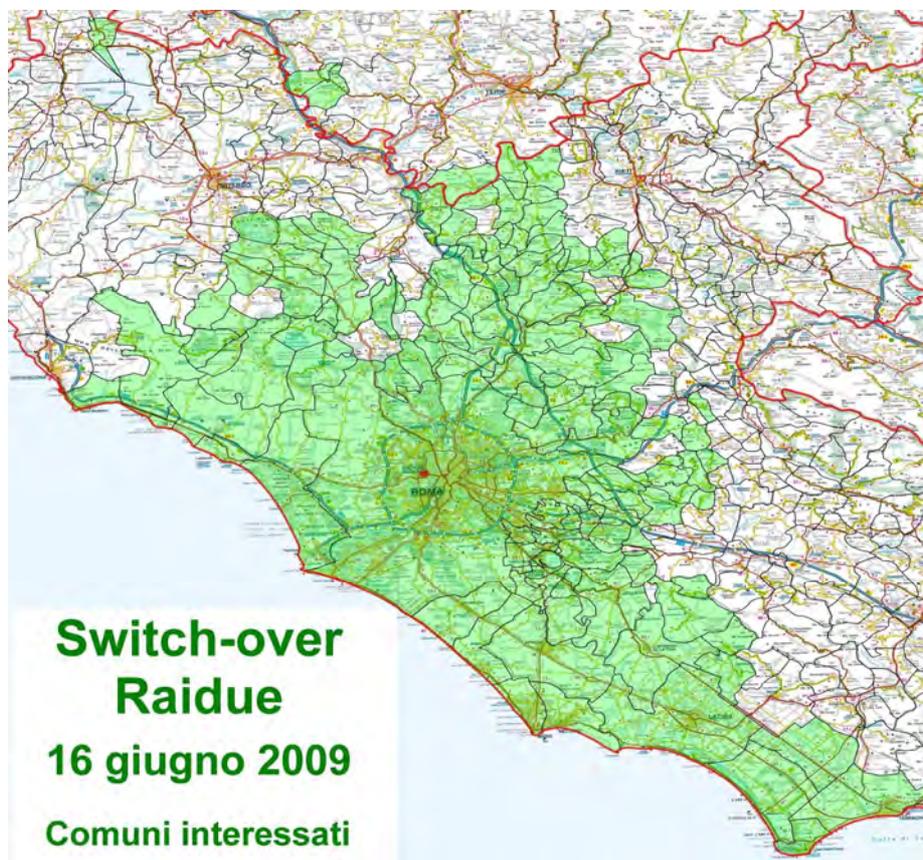


Figura 3.1a: Area interessata allo switch-over di RaiDue di Roma

### 3.3 Schede Giornaliere

Per ognuno dei 57 giorni di transizione nelle 5 Aree Tecniche è stata realizzata una scheda giornaliera con l'elenco dei comuni interessati al passaggio al digitale nel giorno indicato. I comuni sono stati anche distinti graficamente tra quelli principalmente coinvolti e quelli parzialmente coinvolti. Per i primi (in verde) la



Figura 3.2b: Esempi di Schede Giornaliere per l'Area Tecnica A01 "Piemonte Occidentale"

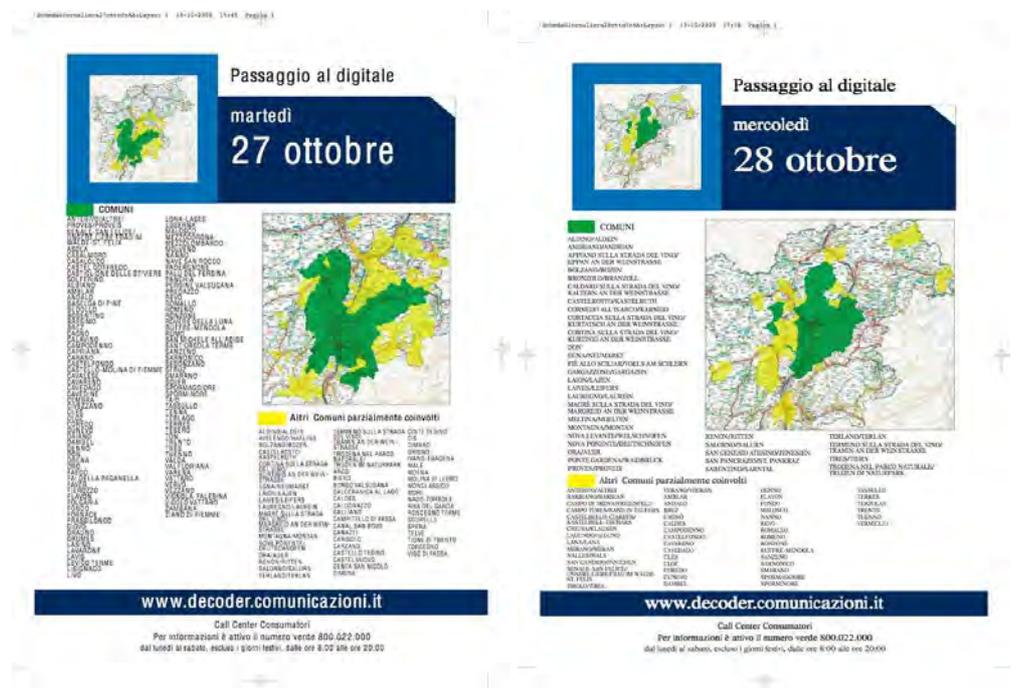


Figura 3.2c: Esempi di Schede Giornaliere per l'Area Tecnica A04 "Trentino Alto Adige"

Le 57 schede giornaliere (vedi Allegato D) sono state rese disponibili sul sito del Ministero [www.decoder.comunicazioni.it](http://www.decoder.comunicazioni.it) e sono state pubblicate sotto diversa forma grafica durante il periodo di switch-off dai principali quotidiani locali (L'Unione Sarda, La Nuova Sardegna e il Giornale di Sardegna).

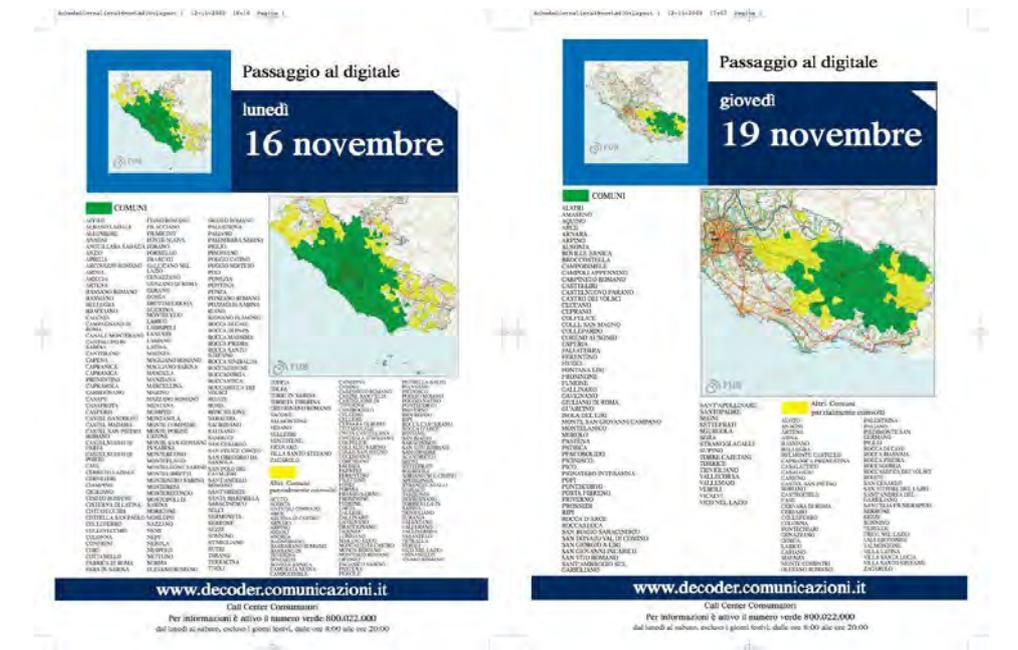


Figura 3.2d: Esempi di Schede Giornaliere per l'Area Tecnica A12 "Lazio"

## 5.4 Schede comunali

Dal punto di vista della cittadinanza, l'informazione di maggiore impatto durante lo switch-off è sicuramente quella relativa alle date e alle emittenti coinvolte al passaggio al digitale relativamente al comune di residenza. Sono state quindi realizzate oltre 2300 Schede Comunali (una per ogni comune coinvolto) nelle quali sono stati indicati i giorni nei quali il comune sarebbe stato interessato dalla transizione e a fianco di questi l'elenco delle relative emittenti.

In Figura 3.3 sono mostrate a titolo esemplificativo le schede dei comuni capoluogo delle Aree Tecniche interessate. L'intero insieme delle schede comunali è riportato nell'Allegato E.

PASSAGGIO AL DIGITALE NEL COMUNE DI:	
<b>AOSTA</b>	
DATA	EMITTENTI CHE PASSERANNO AL DIGITALE
<b>15 settembre 2009</b>	CANALE 5, CANALE ITALIA 2, ITALIA 1, LA7, MTV, RAI Tre, RAI Uno, RAI TV F1, RAI TV S1, RETE 7, TELECAMPIONE, TELERADIO CITY, TELESTAR PIEMONTE, TELESTUDIO, TIVUITALIA
<b>17 settembre 2009</b>	CANALE ITALIA 2

PASSAGGIO AL DIGITALE NEL COMUNE DI:	
<b>TORINO</b>	
DATA	EMITTENTI CHE PASSERANNO AL DIGITALE
<b>7 ottobre 2009</b>	CANALE 5, CANALE ITALIA 2, ITALIA 1, ITALIA 8 PIEMONTE, LA7, MTV, RAI Tre, RAI Uno, RETE CAPRI, TELECUPOLE PIEMONTE, TELERADIO CITY, TELESTAR PIEMONTE, TLO TELECAMPIONE

Figura 3.3a: Schede Comunali di Aosta e Torino

PASSAGGIO AL DIGITALE NEL COMUNE DI:	
<b>TRENTO</b>	
DATA	EMITTENTI CHE PASSERANNO AL DIGITALE
<b>26 ottobre 2009</b>	CANALE ITALIA, LA 7, MTV, Rai Tre, TELEPACE
<b>27 ottobre 2009</b>	CANALE 5, CANALE ITALIA, CANALE ITALIA 2, ITALIA 1, LA 7, LA 9, MTV, Rai Tre, Rai Uno, TELECAMPIONE, TELENOVO RETENORD, TELEPACE, TELEPADOVA
<b>28 ottobre 2009</b>	CANALE ITALIA

PASSAGGIO AL DIGITALE NEL COMUNE DI:	
<b>BOLZANO/BOZEN</b>	
DATA	EMITTENTI CHE PASSERANNO AL DIGITALE
<b>27 ottobre 2009</b>	CANALE ITALIA 2
<b>28 ottobre 2009</b>	CANALE 5, CANALE ITALIA, CANALE ITALIA 2, ITALIA 1, LA 7, RAS-1 ORF1, RAS-3 ORF2, RETEQUATTRO, Rai Due, Rai Tre, Rai Uno, Raitre Sender Bozen, TELENOVO RETENORD, TELEPACE, TELEPADOVA/ITALIA 7 GOLD

Figura 3.3a: Schede Comunali di Trento e Bolzano

<b>PASSAGGIO AL DIGITALE NEL COMUNE DI:</b>	
<b>ROMA</b>	
<b>DATA</b>	<b>EMITTENTI CHE PASSERANNO AL DIGITALE</b>
<b>16 novembre 2009</b>	ALL MUSIC, CANALE 5, CANALE ITALIA 2, GOLD TV, L'ES TV INFORMAZIONE E SALUTE, ITALIA 1, RETE CAPRI, Rai Tre, Rai Uno, SUPERS, TELECAMPIONE, TELEITALIA 41, TELELAZIO RETE BLU, TELEREGIONE T9, TELEREPORTER ROMA, TELEROMAS6, TVR AUTOVOX

Figura 3.3a: Scheda Comunale di Roma

#### 4. Test bed per la verifica delle funzionalità dei decoder

Il passaggio alla televisione digitale terrestre comporta che gli utenti si dotino di un decoder digitale o di un televisore dotato di sintonizzatore DVB-T.

Per le aree all-digital la legge finanziaria del 2007 (Legge 296/06) ha istituito un fondo per il passaggio al digitale, che prevede forme di finanziamento a favore delle Regioni, delle emittenti locali e dei cittadini con l'erogazione di un contributo statale per l'acquisto di decoder. Nella Tabella 4.1 è riportato l'elenco aggiornato al dicembre 2009 dei decoder che possono usufruire del contributo statale.

Marca	Modelli					
ADB	I-CAN I-CAN 2000TK BAR I-CAN1100T DELTA I-CAN1100T ICE	I-CAN 2000T I-CAN 2100T I-CAN1100T DARK I-CAN1110TH ISLAND	I-CAN 2000TBM I-CAN 5100 I-CAN 3810T	I-CAN 2000TBM2 I-CAN1100 BLACK I-CAN 1110SHTIVUSAT I-CAN1110TH MOON		
Auriga	DIEVO DECODER TVi					
Access Media	STB 5010-MBOX	STBL 3006	STBL 3012	STBL 3015	STBL 3017	
Cobra	Pantera					
DiPro	Interact I	Interact II	Interact III	Interact Plus		
Digiquest	Digiquest MHP 1007 Digiquest MHP 2007	Digiquest MHP 1008 Digiquest MHP 3007	Digiquest MHP 2006 Digiquest MHP 3008	Digiquest MHP T MHP 3009		
Easily	1513t					
Elsag Datamat	Aries 1000H					
FTE	IRD800SM					
Fuba	ODE 846	ODE 848	ODE 849	ODE 710 TIVU		
GALAXY	DT3701 MHP					
Global	DTR6000 MHP					
Hantarex	Aries 1000H					
Humax	DTS 9000 B DTT 4100	DTS 9000 N DTT 4500	DTT 3500 DTT 5000	DTT 3600 DTT 5000	DTT 4000	
IRRADIO	DTI-3820	DTI-3811	DSR-2010 TIVUSAT			
Kathrein	UFT 591 si	UFT 673 si				
Metronic	ZAP BOX FLEXY					
Mediasat	DIGIFOX	TIVUBOX				
Philips	DTR2610 DTR4610/08	DTR2610/08 DTR6610	DTR2610/24 DTR6610/00	DTR4610 DTR6610/08		
Planet	PL7100MHP					
SIEMENS	THINBOX					
Sagem	ITD70	ITD70B				
Samsung	DTB-B570EXET	SMT-T1040				
Strong	SRT5500MHP	SRT5505MHP	SRT5506MHP	SRT5507MHP		
TOPFIELD	TF6000 MHP					
Technoit	Facile 123					
Tele System	TS 7.0 DT DTTS7000MHP	TS 7.1 DT TS7200MHP	TS 7.2 DT TS7700MHP	TS 7.3 TS7900HD	TS 7.4 DT TS9000 TIVU	TS 7.7
Thomson	DTI3000					
UNITED	DVBT8092					
Winbox	DT 3000					
Worldsat	DT5200					
ZODIAC	DZR-1810DTT ZDT-2009MHP	DZR-2000DTT ZDT-8500MHP TIVU	DZR-2001DTT ZDT-9000MHP HD			

Tabella 4.1: Decoder che possono usufruire dl contributo statale (dicembre 2009)

Per questi decoder, e comunque per tutti quelli posti in commercio, deve essere assicurata la piena rispondenza ai requisiti imposti per il mercato italiano dai vari enti e organismi regolatori (AGCOM, EICTA, DVB, DGTVi, CEI, ecc.). Già dal 2008 è stato quindi allestito nei laboratori FUB un opportuno test bed, schematizzato in Figura 4.1, per la verifica delle caratteristiche funzionali dei decoder, con particolare attenzione a quelle di maggior impatto per gli utenti: i) procedure di sintonizzazione; ii) sintonizzazione in Banda III VHF (canalizzazione italiana e europea); iii) numerazione automatica dei canali.

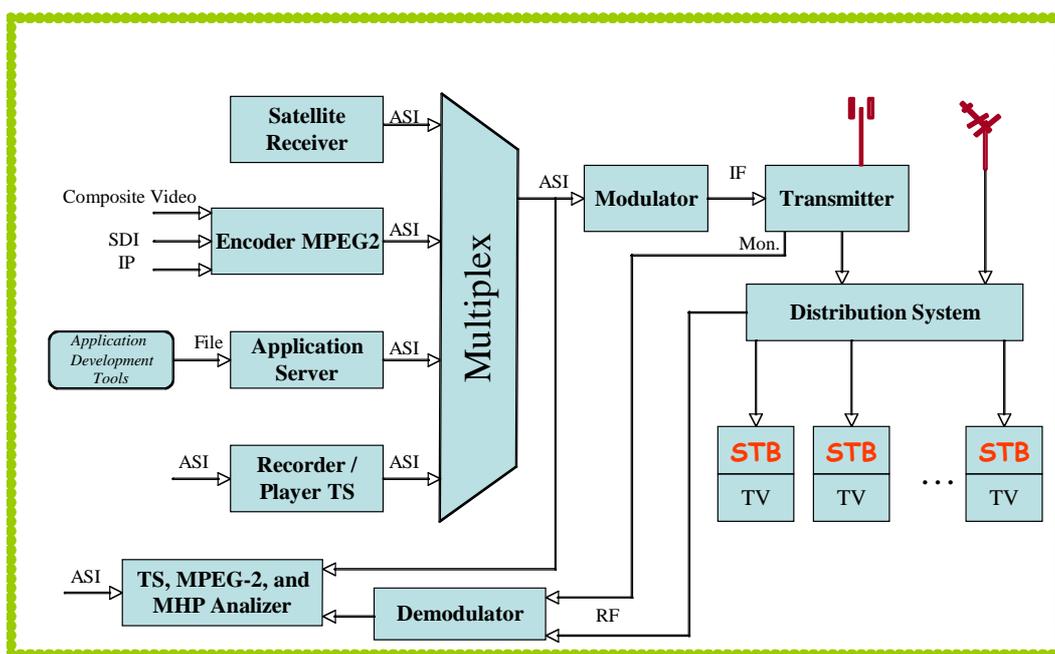


Figura 4.1: Test bed per la verifica delle caratteristiche funzionali dei decoder

Nel 2009 sono stati integrati nel test bed due nuovi apparati: un misuratore di campo e un generatore di segnali TV digitali di test (Figura 4.2).



Figura 4.2a: Misuratore di campo



Figura 4.2b: Generatore di test

## 5. Procedure di sintonizzazione decoder

Come introdotto nella Sezione 4 “Test bed per la verifica delle funzionalità dei decoder”, per tutti i decoder ammessi a contributo e comunque per tutti quelli posti in commercio, deve essere assicurata la piena rispondenza ai requisiti imposti per il mercato italiano da vari enti e organismi regolatori. Uno dei risultati della verifica delle caratteristiche funzionali dei decoder condotta nei laboratori FUB è stata la scrittura delle cosiddette “procedure di sintonizzazione dei decoder” che hanno rappresentato lo strumento principale con cui gli operatori del call center hanno potuto dare assistenza passo-passo agli utenti nelle operazioni di sintonizzazione appunto. Nel 2009 sono state prodotte tre nuove versioni di queste procedure che sono state rese pubbliche sul sito web (<http://www.decoder.comunicazioni.it>). L’ultima versione in ordine temporale è riportata integralmente nell’Allegato F, hanno riguardato anche la numerazione automatica dei canali (LCN) e la sintonizzazione in Banda III VHF.

### 5.1 Azioni elementari

Per consentire una più facile comunicazione tra l’operatore del call center e l’utente che chiama per assistenza nelle operazioni di sintonizzazione del decoder, le procedure di sintonizzazione sono state scritte in termini delle seguenti azioni “elementari” da eseguire sul telecomando.

**PREMERE** viene usato per indicare di schiacciare determinati tasti, in genere “OK” per confermare una scelta, “MENU” per accedere al menù principale del decoder, “EXIT” per uscire da tutti i menù oppure “BACK” per tornare al menù precedente.

**SELEZIONARE** viene usato per indicare di muoversi all’interno di una videata di menù con le frecce del telecomando (*su, giù, destra, sinistra*) fino alla voce indicata o di digitare con il telecomando il numero che affianca una voce del menù. (Figura 7.1).

**INSERIRE** viene usato quando si devono immettere dei numeri dal telecomando: ad esempio il codice PIN per entrare nel menù di “installazione” o “impostazione” di alcuni decoder o la frequenza in MHz per la sintonizzazione manuale di un dato canale.

**SCEGLIERE** viene usato quando in una lista a tendina bisogna selezionare il valore richiesto: in alcuni decoder ad esempio nel caso di sintonizzazione

manuale si deve scegliere la Larghezza di Banda del canale (“7MHz” o “8MHz”), il Modo di Trasmissione (“2K” o “8K”), ecc..

**CONFERMARE** viene usato quando si deve rispondere ad una richiesta visualizzata sullo schermo, premendo il tasto “OK”; in genere l’utente può anche non confermare premendo il tasto “BACK” o “EXIT”.

**ATTENDERE** viene usato per indicare che l’utente deve aspettare fino al termine dell’operazione in corso, ad esempio la ricerca canale (Figura 7.2) o l’aggiornamento del decoder.

## 5.2 Informazioni supplementari per gli operatori del call center

Per facilitare il lavoro degli operatori del call center, è stato ripetutamente aggiornato il documento, creato inizialmente per lo switch-off in Sardegna, che riassume in forma tabellare il comportamento dei decoder riguardo la numerazione automatica dei canali (LCN) e la sintonizzazione in Banda III VHF con canalizzazione europea, e riporta i riferimenti dei produttori e dei relativi call center di assistenza a beneficio dei cittadini che ne dovessero avere bisogno. La Figura 5.1 mostra un estratto di tale documento. La versione integrale è riportata nell’Allegato G.

Marca	Modello	Numerazione automatica dei canali (LCN)	Sintonizzazione in banda III VHF (canalizzazione europea)***	Riferimenti e/o Call-center
ADB	I-CAN	SI	Automatica	ZAP S.r.l via triumphina, 30 cap 25123 brescia tel 0303707267 tel 030370700
	I-CAN 2000T	SI	Automatica	
	I-CAN 2000TBM	SI	Automatica	
	I-CAN 2000TBM2	SI	Automatica	
	I-CAN 2000TK BAR	SI	Automatica	
	I-CAN 2100T	SI	Automatica	
	I-CAN1100 BLACK	SI	Automatica	
	I-CAN1100T DELTA	SI	Automatica	
	I-CAN1100T ICE	SI	Automatica	
	I-CAN1100T DARK	SI	Automatica	
	I-CAN1110TH ISLAND	SI	Automatica	
	I-CAN1110TH MOON	SI	Automatica	
	I-CAN1110SH TIVU'SAT	SI	Automatica	
I-CAN 3810T	SI	Automatica		
I-CAN 5100	SI	Automatica		
AURIGA DIEVO	DECODER Tvi	SI	Automatica	
Access Media	STB 5010 - MBOX	NO	Manuale	Per assistenza inviare i propri dati, il numero seriale e la descrizione del difetto riscontrato Via SMS al n. 348/0104606
	STBL 3006	NO	Manuale	
	STBL 3012	NO	Manuale	
	STBL 3015	NO	Manuale	
	STBL 3017	NO	Manuale	
Cobra	Pantera	SI	Automatica	l'Ing. Manuela Monteleone (e-mail: engineering@cobraspa.it)

Figura 5.1: Esempio di scheda riassuntiva comportamento decoder per LCN e sintonizzazione in Banda III VHF (canalizzazione europea)



## 6. Procedure tecnico amministrative per il controllo delle trasformazioni degli impianti

Durante i periodi di switch-off si è reso necessario monitorare costantemente l'effettiva trasformazione degli impianti (da analogico a digitale) secondo i tempi dettati dal Masterplan. Gli scopi di questa operazione sono stati molteplici, tra questi:

- controllare l'effettivo “spegnimento” degli impianti analogici il giorno prefissato al fine di minimizzare i disagi in termini interferenziali che sarebbero derivati dalla mancata ottemperanza;
- avere la situazione degli impianti aggiornata in “tempo reale” per una tempestiva informazione agli utenti;
- aggiornare il database delle frequenze in relazione ad ogni attivazione degli impianti digitali.

Sono state quindi aggiornate e implementate una serie di procedure tecnico-amministrative per l'interscambio delle informazioni riguardanti le trasformazioni degli impianti tra le emittenti coinvolte e il Ministero già utilizzate nello switch-off della Sardegna. Lo schema generale è mostrato in Figura 6.1

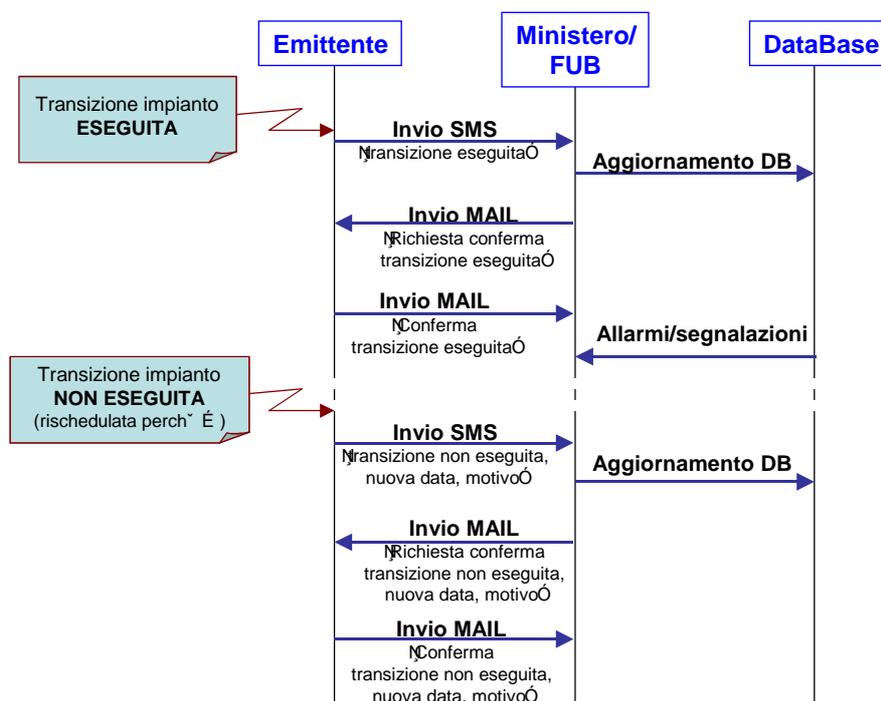


Figura 6.1: Procedure tecnico-amministrative

L'avvenuta esecuzione (o non esecuzione) di una trasformazione di un impianto doveva essere comunicata tramite un SMS. La scelta dell'uso di SMS è stata motivata con il fatto che per una “tempestiva” comunicazione, si doveva utilizzare un mezzo

semplice e immediato a disposizione delle squadre tecniche che operavano le trasformazioni direttamente sui siti trasmissivi. A questa comunicazione seguiva l'aggiornamento del database e l'invio di una MAIL la cui risposta da parte dell'emittente costituiva l'effettiva conferma "ufficiale". Alcuni esempi formati degli SMS e delle MAIL sono illustrati in Figura 8.2. La versione integrale è riportata nell'Allegato H.

**Formati SMS e E-MAIL  
per interscambio informazioni sulle  
transizioni tra emittenti e Ministero**

Durante tutta la fase di transizione saranno attivati 2 livelli di comunicazione:

Primo livello: **da emittente verso Ministero**  
L'emittente invia al Ministero in tempo reale un SMS per segnalare lo stato di ogni transizione effettuata (**spegnimento entro le ore 10:00**)

Numero a cui inviare gli SMS: **331 5434124**

Secondo livello: **da Ministero verso emittente e viceversa**  
Il Ministero invia all'emittente una e-mail chiedendo conferma dello stato della transizione effettuata e l'emittente deve rispondere all'e-mail di conferma

Indirizzo di posta elettronica a cui inviare e-mail: [digitale@sviluppoeconomico.gov.it](mailto:digitale@sviluppoeconomico.gov.it)

**Formato SMS:** **transizione ESEGUITA**

**Spegnimento del trasmettitore analogico e accensione  
del corrispondente MUX digitale**

**Da emittente verso Ministero**

**Si comunica l'AVVENUTA ESECUZIONE della transizione N.**  
<numero transizione>,      <altre informazioni>

**OBBLIGATORIA**

**OPZIONALE**

**Esempio**

Si comunica l'AVVENUTA ESECUZIONE della transizione N. A12-0055 ,  
RAI-TV01 Monte Cavo - Costarelle ch H2 E

**NOTA IMPORTANTE**

**In mancanza di specifiche indicazioni in merito si assumerà,  
contestualmente allo spegnimento dell'analogico,  
l'accensione del corrispondente MUX digitale**

Figura 8.2: Formati degli SMS e delle MAIL utilizzati per l'interscambio delle informazioni riguardanti le trasformazioni degli impianti: esempi

## 7. Call center utenti

Durante i periodi di switch-off il call center allestiti presso le sedi di Poste Italiane (Cagliari, Roma, ecc.) sono stati gli strumenti cardine che hanno permesso di garantire un supporto tecnico e amministrativo diretto ed efficace ai cittadini.

Parte della “base di conoscenza” utilizzata dal call center è stata già illustrata nella Sezione 3 “Documentazione pubblica sulla transizione digitale in Sardegna”, ossia:

- le FAQ sulla televisione digitale terrestre, generali e specifiche per gli abbonati e i rivenditori;
- le schede informative sui tempi del passaggio al digitale, sulle aree regionali coinvolte e sulle emittenti interessate (schede giornalieri e schede comunali).

Un'altra parte della base di conoscenza è stata appositamente sviluppata per consentire agli operatori non solo di “informare” semplicemente gli utenti, ma anche di dare loro risposte più approfondite ai problemi concreti che questi potevano presentare. Nello specifico è stato messo a punto un “albero di decisione” per lo screening delle chiamate e sono state sviluppate delle apposite schede “operatore” (una per ognuno dei 2300 comuni coinvolti) aggiornate in tempo reale in base all'andamento dello switch-off. Data la complessità delle informazioni e delle possibili problematiche è stato anche curato un adeguato addestramento degli operatori del call center.

### 7.1 Albero di decisione

Dato l'alto numero di chiamate al call center si è reso necessario elaborare un albero di decisione in cui, attraverso opportune domande rivolte all'utente, gli operatori fossero in grado di determinare, rapidamente e con un certo grado di confidenza, la natura del problema e fornire la risposta più adeguata. L'albero di decisione elaborato per gli switch-off mostrato in Figura 7.1 illustra il flusso delle domande e le eventuali risposte (indicate in rosso) che l'operatore avrebbe dovuto fornire a partire dalla motivazione della chiamata indicata nel primo box “*l'utente chiama perché non vede una certa emittente*”.

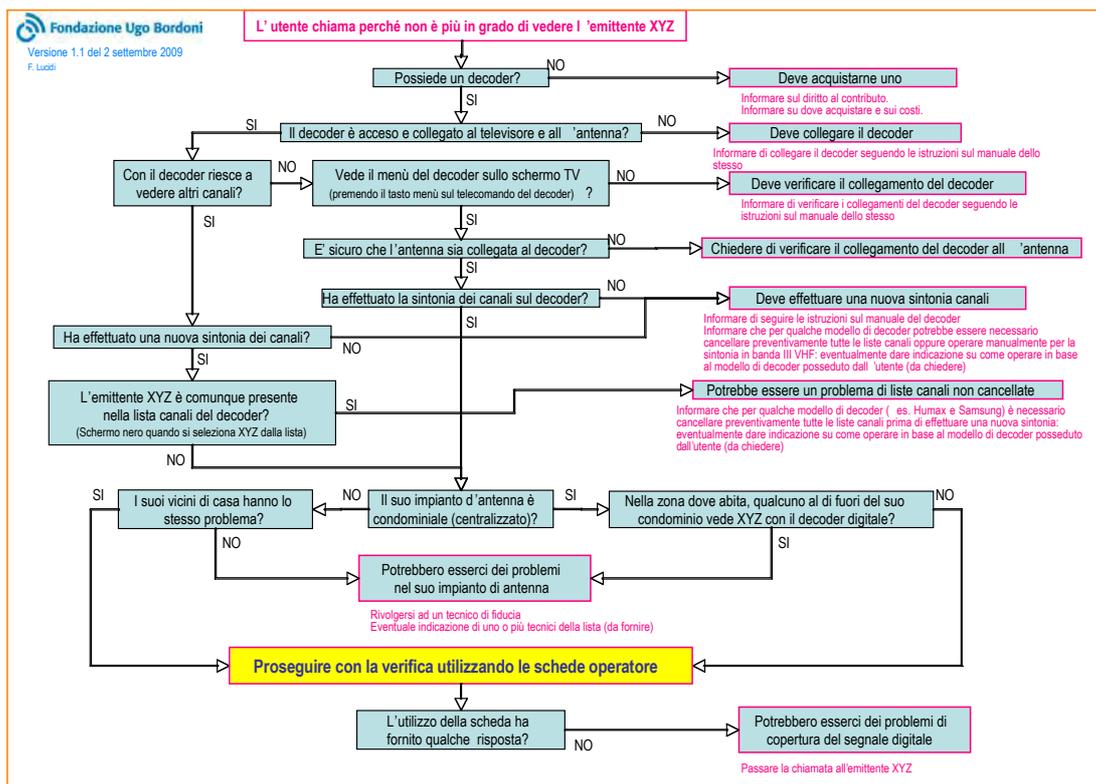


Figura 7.1: Albero di decisione per switch-off

In base a tale albero se il problema era relativo a:

- l'installazione del decoder, l'utente veniva invitato a verificare i collegamenti;
- la sintonizzazione del decoder, l'utente veniva assistito nelle operazioni di risintonizzazione con l'ausilio delle procedure descritte nella Sezione 5 "Procedure di sintonizzazione decoder";
- l'impianto di antenna, l'utente veniva invitato a verificare l'impianto o a rivolgersi ad un tecnico che su richiesta poteva essere indicato tra quelli della lista predisposta dal Ministero;
- la copertura del segnale, l'utente veniva messo in contatto con la relativa emittente televisiva.

Nel corso della chiamata poteva capitare che a seguito delle prime risposte dell'utente l'operatore non fosse ancora in grado di determinare la natura del problema. In questo caso l'albero conduceva al riquadro giallo "Proseguire la verifica utilizzando le schede operatore" (Figura 9.3) nel quale l'operatore veniva invitato a consultare la "scheda operatore" (descritta nella sottosezione successiva) relativa al comune di provenienza della chiamata per una indagine più approfondita delle problematiche tecniche locali.

La Figura 7.2 mostra l'albero di decisione "semplificato" da utilizzare nel caso degli switch-over.

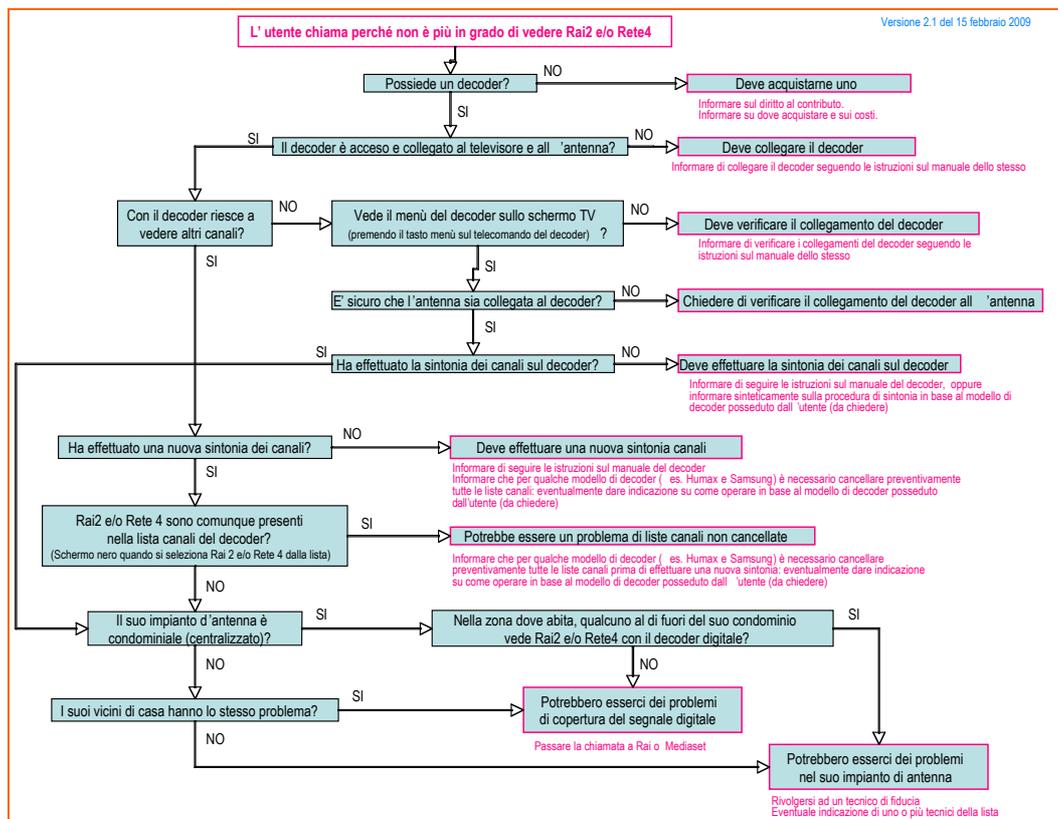


Figura 7.2: Albero di decisione per switch-over

## 7.2 Schede operatore

La Scheda Operatoreer ogni raccoglie per ogni comune le informazioni relative a:

- le date di switch-off delle singole emittenti;
- i siti trasmissivi da cui le singole emittenti coprono il comune;
- lo stato di trasformazione di ciascun impianto e cioè trasformazione "non effettuata" (prima dello switch-off l'impianto ancora trasmette in analogico), trasformazione "effettuata" (dopo lo switch-off l'impianto trasmette in digitale), oppure trasmettitore "spento" (l'impianto non trasmette più in analogico e non è stato riacceso in digitale);
- i canali trasmissivi utilizzati da ciascun sito trasmissivo ("Canale attuale" prima dello switch-off e "Canale digitale" dopo lo switch-off);
- alle problematiche tecniche di ricezione legate a possibili variazioni di bande trasmissive o di canalizzazione nella Banda III VHF (vedi Sezione 6.2 "La canalizzazione in Banda III VHF").

La scheda prevede anche un campo “Note”, anche questo aggiornabile in tempo reale, tramite il quale possono essere messe a conoscenza dell’operatore informazioni su eventuali criticità specifiche di quel comune.

Ogniquale volta se ne presentasse la necessità un operatore di call center poteva visualizzare una scheda accedendo alla pagina web <http://switchoff.fub.it> (Figura 7.3) e, dopo aver selezionato l’Area Tecnica coinvolta, richiamare quella di interesse inserendo, grazie anche all’ausilio di una finestra con autocompletamento, il nome del comune in questione (Figura 7.4).

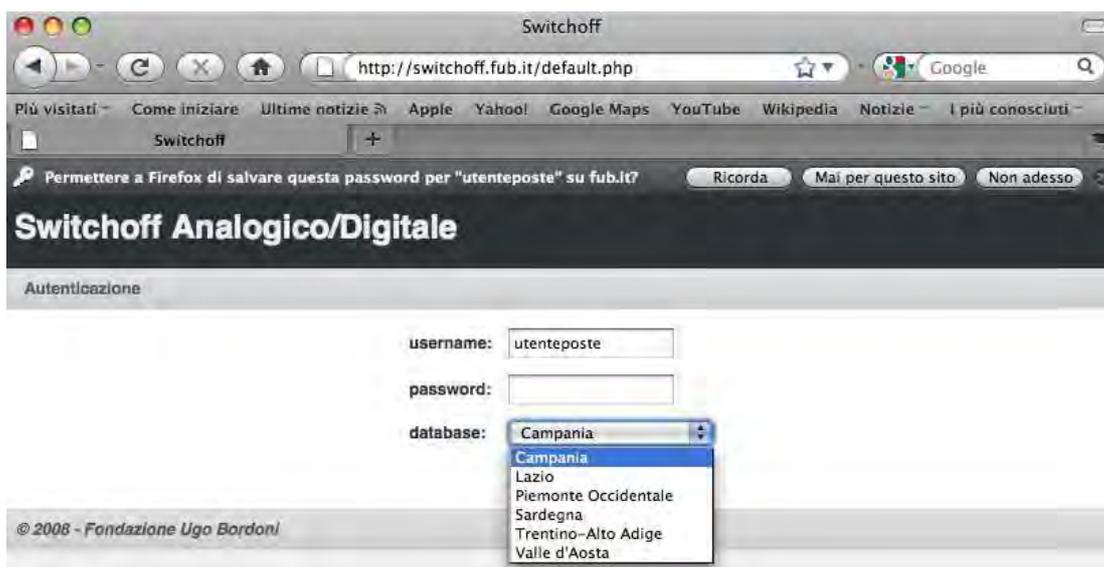


Figura 7.3: Accesso alla pagina web <http://switchoff.fub.it>



Figura 7.4: Scheda Operatore: selezione comune interessato

Nella pagina web sono presenti anche due link da cui è possibile scaricare l'intero insieme delle Schede Operatore aggiornate ad un dato momento in un unico file PDF o in più file (uno per ogni comune) contenuti in uno ZIP.

A titolo esemplificativo in Figura 7.5 è riportata la scheda operatore del comune di Roma aggiornata alle ore 09:03 del 24 novembre 2009. L'insieme completo di tutte le schede operatore, suddivise per Aree Tecniche, è riportato nell'Allegato I.

ROMA								
Ricezione in Banda III: SI (da ch5 a ch12)		Ricezione in Banda IV: SI (da ch21 a ch36)		Ricezione in Banda V: SI (da ch37 a ch69)		Canali in Banda III VHF: ch9, ch12		
Data	Emittente analogica	Sito	Stato (*)	Canale attuale	Canale digitale	Cambio banda	Cambio can. ne Banda III VHF	Note
16 novembre 2009	ALL MUSIC	MONTE CAVO	Eseguita	44	44	NO	NO	-
	CANALE 5	MONTE CAVO	Eseguita	52	49	NO	NO	-
	CANALE 5	MONTE MARIO RAI	Eseguita	30	49	SI	NO	-
	CANALE ITALIA 2	MONTE GENTILE	Eseguita	36	39	SI	NO	-
	GOLD TV	MONTE CAVO VETTA	Eseguita	60	46	NO	NO	-
	IES TV INFORMAZIONE E SALUTE	MONTE CAVO	Eseguita	59	59	NO	NO	-
	ITALIA 1	MONTE CAVO	Eseguita	84	52	NO	NO	-
	ITALIA 1	MONTE MARIO RAI	Eseguita	24	52	SI	NO	-
	LA 7	MONTE CAVO	Eseguita	54	48	NO	NO	-
	LA 7	MONTE MARIO RAI	Eseguita	21	48	SI	NO	-
	Rai Tre	MONTE MARIO HILTON	Eseguita	43	26	SI	NO	-
	Rai Tre	MONTE CAVO-COSTARELLE	Eseguita	39	26	SI	NO	-
	Rai Uno	MONTE MARIO HILTON	Eseguita	9	9	NO	SI	Sintonizzazione
	Rai Uno	MONTE CAVO-COSTARELLE	Eseguita	12	11	NO	NO	-
	RETE CAPRI	MONTE CAVO	Eseguita	46	57	NO	NO	-
	SUPER3	MONTE CAVO	Eseguita	42	42	NO	NO	-
	TELECAMPIONE	MONTE CAVO	Eseguita	86	86	NO	NO	-
	TELEITALIA 41	MONTE CAVO	Spento	41	41	NO	NO	-
	TELELAZIO RETE BLU	MONTE CAVO VETTA	Eseguita	69	51	NO	NO	-
	TELELAZIO RETE BLU	S.ANGELO ROMANO	Spento	26	51	SI	NO	-
	TELEREGIONE T9	MONTE CAVO	Eseguita	45	43	NO	NO	-
	TELEREPORTER ROMA	MONTE CAVO	Eseguita	67	67	NO	NO	-
	TELEROMAS6	MONTE CAVO	Eseguita	56	64	NO	NO	-
	TVR AUTOVOX	ALBERGO GRIMALDI MONTE CAVO	Spento	41	41	NO	NO	-

(\*) Stato NON ESEGUITA: la transizione non è stata ancora eseguita (canale analogico ancora acceso)  
 ESEGUITA: la transizione è stata eseguita (spegnimento del canale analogico e accensione del relativo canale digitale)  
 SPENTO: il canale analogico è stato spento ma il relativo canale digitale non è stato ancora attivato (Trasferire la chiamata all'emittente)

**NOTE**

**Banda III** Potrebbe essere necessario montare un'antenna in Banda III VHF o sostituire quella attuale con una adatta alla ricezione del canale digitale indicato. I programmi Rai potrebbero comunque essere ricevuti in Banda IV o V (vedi eventuale Nota Rai)  
 Rivolgersi a un tecnico

**Banda IV** Potrebbe essere necessario montare un'antenna in Banda IV  
 Rivolgersi a un tecnico

**Banda V** Potrebbe essere necessario montare un'antenna in Banda V  
 Rivolgersi a un tecnico

**Sintonizzazione** Il decoder potrebbe non essere in grado di sintonizzare automaticamente il canale in Banda III VHF  
 Fare riferimento alle "Procedure di sintonizzazione dei decoder"

**No Mux** Il programma potrebbe essere visibile in digitale su un altro Multiplex (canale digitale)  
 Vedi eventuali note generali

Figura 7.5: Scheda operatore del comune di Roma (24/11/2009- 09:03)

### 7.3 Formazione operatori

L'estensione delle informazioni da veicolare agli utenti e la complessità di alcune problematiche tecniche hanno suggerito lo svolgimento di alcuni corsi di formazione ad hoc per gli operatori del call center.

I temi principali trattati in tali corsi sono elencati di seguito.

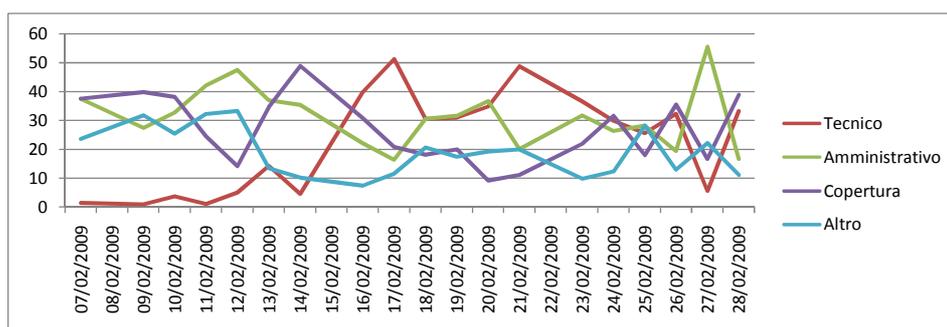
- La normativa riguardante gli apparecchi televisivi .
- Il contributo per l'acquisto dei decoder: entità, decorrenza, condizioni di erogazione, documentazione.

- Gli aspetti tecnici generali della transizione digitale: reti SFN, cambiamento canali trasmissivi, ricezioni multiple.
- Le dimensioni della transizione in termini di impianti, emittenti e siti trasmissivi delle transizioni nelle varie Aree Tecniche.
- Le fasi e i tempi delle transizioni nelle varie Aree Tecniche.
- Le informazioni base per gli utenti: schede giornaliera e schede comunali.
- Le problematiche relative agli impianti di ricezione televisiva domestica: cambiamenti di banda trasmissiva, cambiamenti di canalizzazione.
- Le problematiche relative ai decoder: cancellazione automatica o manuale dei programmi memorizzati, gestione della numerazione automatica dei canali, sintonia dei canali, generale e in Banda III VHF.

Una presentazione utilizzata durante i corsi di formazione degli operatori del call center di Roma è riportata nell'Allegato L.

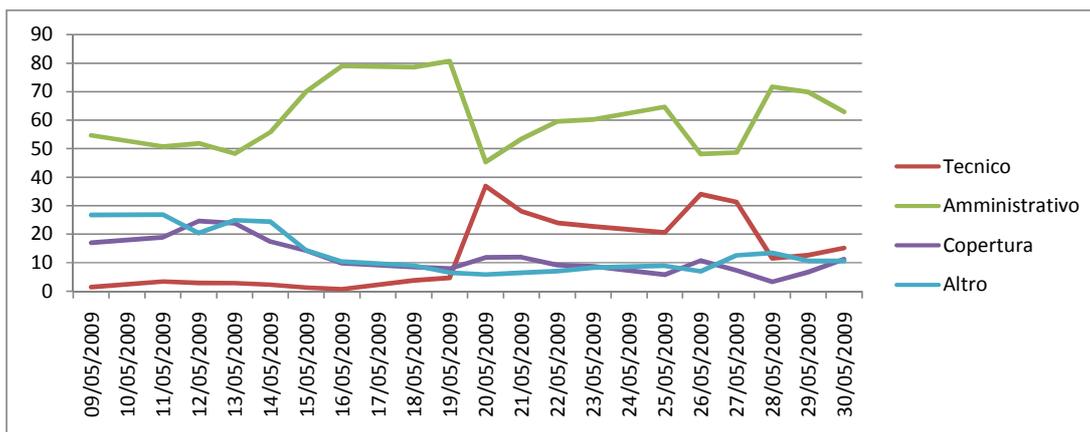
#### 7.4 Chiamate al Call Center durante gli switch-over

Le figure seguenti riassumono l'andamento delle chiamate al Call Center nei giorni immediatamente precedenti e seguenti agli switch-over di Trento, Torino, e Roma effettuati rispettivamente il 15 febbraio, il 20 maggio, e il 16 giugno 2009. Le chiamate sono raggruppate secondo i seguenti motivi: a) assistenza tecnica; b) informazioni di carattere amministrativo (contributo, iniziativa Tv digitale, ecc.); c) copertura dei segnali tv digitali; d) altro.



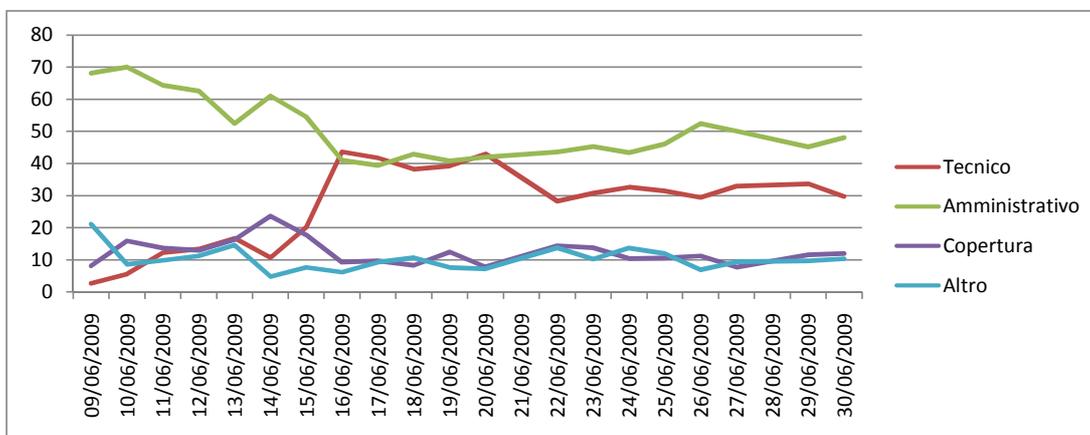
Nel periodo considerato (7-28 febbraio) le chiamate totali sono state 4440

Figura 7.6: Andamento percentuale delle tipologie di chiamate per lo switch-over di Trento



Nel periodo considerato (9-30 maggio) le chiamate totali sono state 183257

Figura 7.7: Andamento percentuale delle tipologie di chiamate per lo switch-over di Torino

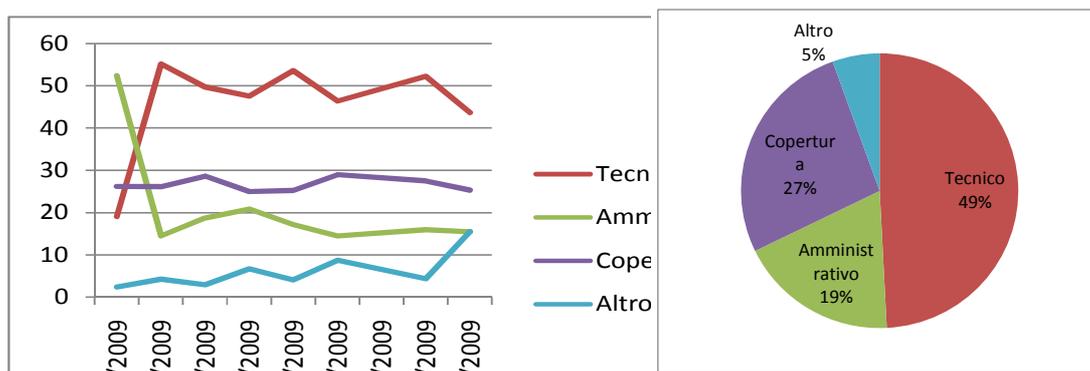


Nel periodo considerato (9-30 giugno) le chiamate totali sono state 130070

Figura 7.8: Andamento percentuale delle tipologie di chiamate per lo switch-over di Roma

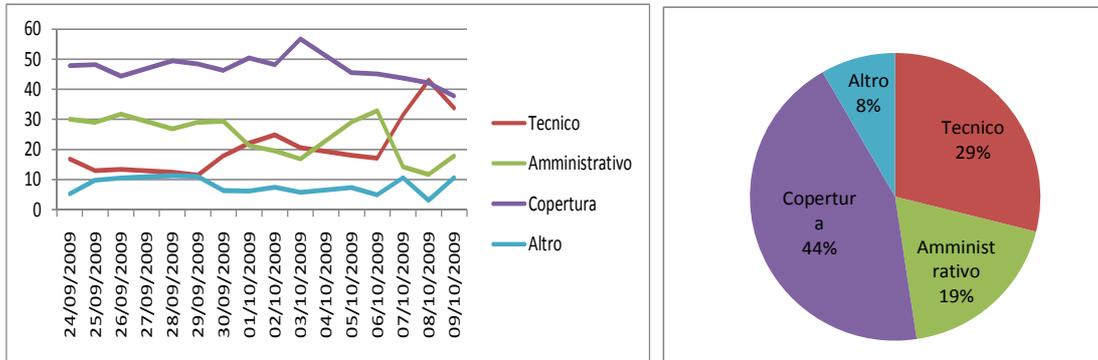
### 7.5 Chiamate al Call Center durante gli switch-off

Le figure seguenti riassumono l'andamento delle chiamate al Call Center nei periodi di switch-off delle Aree Tecniche 2009: Valle D'Aosta, Piemonte Occidentale, Trentino Alto Adige, Lazio.



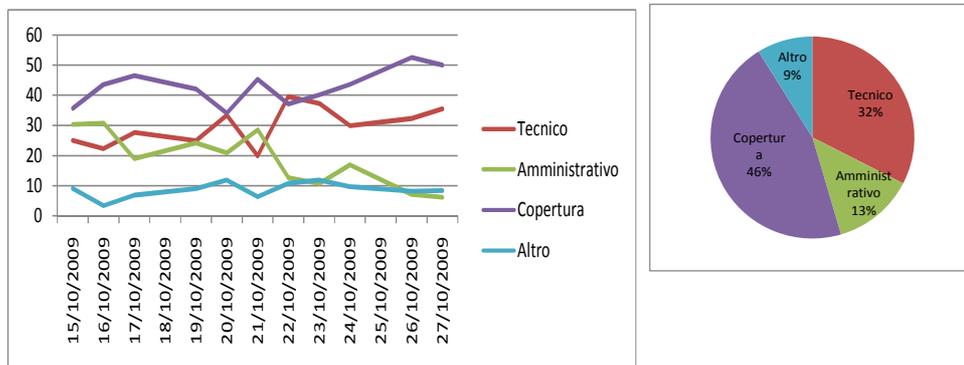
Nel periodo di switch-off (14-22 settembre 2009) le chiamate totali sono state 16545

Figura 7.10: Andamento percentuale delle tipologie di chiamate per lo switch-off Area Tecnica A02 “Valle d’Aosta”



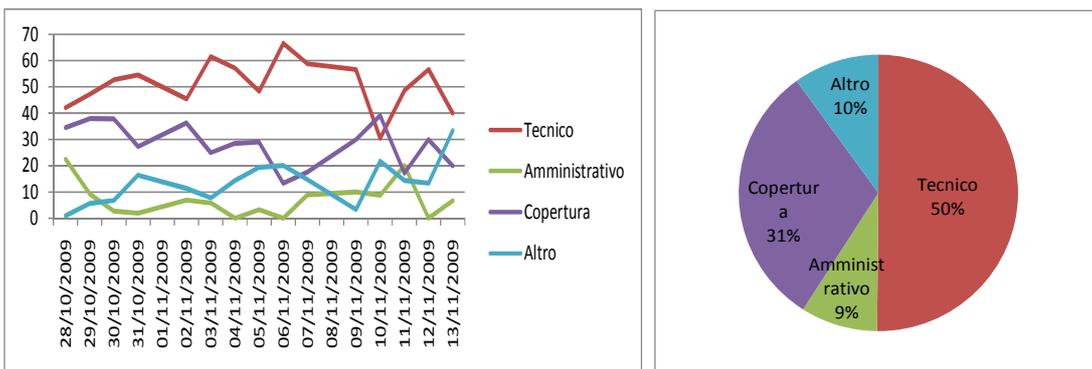
Nel periodo di switch-off (24 settembre – 9 ottobre 2009) le chiamate totali sono state 66427

Figura 7.11: Andamento percentuale delle tipologie di chiamate per lo switch-off Area Tecnica A01 “Piemonte Occidentale”



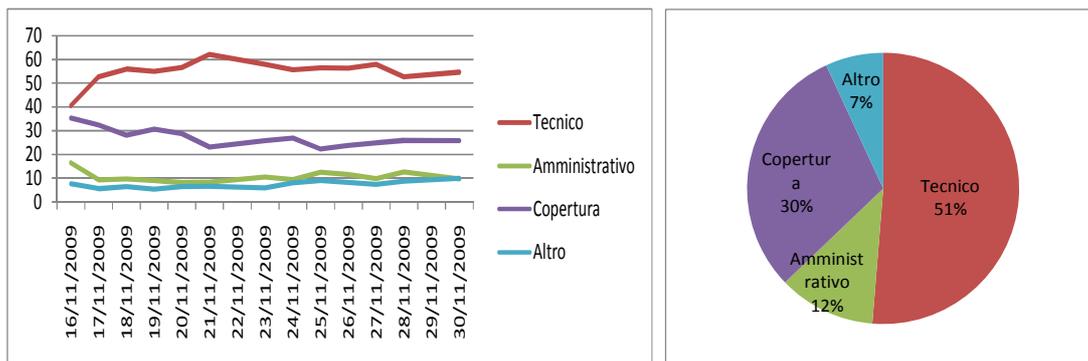
Nel periodo di switch-off (15-27 ottobre 2009) le chiamate totali sono state 27761

Figura 7.12: Andamento percentuale delle tipologie di chiamate per lo switch-off Area Tecnica A04a “Trentino”



Nel periodo di switch-off (28 ottobre – 13 novembre 2009) le chiamate totali sono state 50543

Figura 7.13: Andamento percentuale delle tipologie di chiamate per lo switch-off Area Tecnica A04b “Alto Adige”



Nel periodo di switch-off (16-30 novembre 2009) le chiamate totali sono state 231881

Figura 7.14: Andamento percentuale delle tipologie di chiamate per lo switch-off Area Tecnica A12 “Lazio”

## 8. Sensibilizzazione stakeholders (studenti e volontari)

Nell'ambito delle attività svolte dalla FUB sulla transizione al digitale, si sono svolti degli incontri a beneficio di volontari e di studenti delle scuole medie inferiori e superiori, allo scopo di formare persone che potessero fornire assistenza alle fasce più deboli della popolazione riguardo l'installazione del decoder.

Nel 2009 si sono tenuti 6 incontri:

- Torino, CUS via Paolo Baccini, 17 settembre;
- Rovereto, ITI Marconi, 3 ottobre;
- Taio, Istituto Comprensivo, 12 ottobre;
- Cles, Istituto Comprensivo Bernardo Clesio, 12 ottobre
- Vigolo Vattaro, Istituto Comprensivo, 13 ottobre
- Roma, FUB via B. Castiglione, 16 novembre

Gli incontri consistevano in una prima parte di inquadramento e presentazione delle fonti informative disponibili e una seconda parte di illustrazione dell'installazione del decoder e dei principali problemi che si sarebbero potuti incontrare.

L'Allegato M colleziona le presentazioni tenute in Trentino e a Roma.

### 10.1 Gli incontri in Trentino

Agli incontri hanno partecipato studenti delle seconde o terze classi di media inferiore o delle quarte classi (indirizzo telecomunicazioni) della media superiore.

Nella prima parte si fornivano una introduzione intuitiva dei termini analogico e digitale, cenni alla tempistica in Europa e nelle "Aree Tecniche" italiane, la ripartizione della provincia nelle nove aree le relative date di digitallizzazione, informazioni sulla piattaforma TivuSat e la descrizione delle informazioni reperibili nel sito web [decoder.comunicazioni.it](http://decoder.comunicazioni.it) (schede comune e schede giornaliera). Due delle proiezioni mostrate sono riportate in Figura 10.1.

La seconda parte consisteva nella dimostrazione di una reale installazione di due decoder commerciali provenienti dal laboratorio FUB di televisione digitale. Partendo da una situazione di ricezione analogica, si mostravano tutti i passi da eseguire: staccare il cavo di antenna dal retro del televisore, collegare l'estremità liberata alla opportuna presa del decoder, ecc., fino ai dettagli della sintonia e l'uso di applicazioni interattive (con interattività locale).

**La transizione nelle regioni italiane**

Entro la fine del 2012 tutta l'Italia avrà compiuto la transizione alla TV digitale

Anno	Periodo	Denominazione Area
2008	II Semestre	Sardegna
2009	I Semestre	Valle d'Aosta
2009	II Semestre	Piemonte occidentale
2009	II Semestre	Trentino e Alto Adige
2009	II Semestre	Lazio
2009	II Semestre	Campania
2010	I Semestre	Piemonte orientale, Lombardia
2010	II Semestre	Veneto
2010	II Semestre	Liguria
2011	I Semestre	Marche
2011	I Semestre	Abruzzo, Molise
2011	I Semestre	Basilicata, Puglia
2012	I Semestre	Toscana, Umbria
2012	II Semestre	Sicilia, Calabria

Fondazione Ugo Bordon

**E se attualmente non posso vedere la televisione perché la mia zona non è ben servita dai ripetitori televisivi?**

**C'È UNA NUOVA PIATTAFORMA DIGITALE SATELLITARE GRATUITA**

- Dalla fine dell'estate 2009 è disponibile una nuova modalità di ricezione dei programmi digitali trasmessi in chiaro da RAI, Mediaset, La 7 ed altre emittenti che aderiscono all'iniziativa.
- Si chiama "piattaforma satellitare TIVU-SAT".
- Per vedere i programmi di TIVU-SAT è necessario acquistare un decoder con il logo TIVU-SAT e collegarlo ad un impianto di ricezione satellitare (parabola puntata verso 13° est), eventualmente già presente nell'abitazione.
- Insieme al decoder TIVU-SAT viene fornita una "carta bianca", cioè una scheda che va attivata una prima volta via telefono, ma per la quale non è richiesto alcun pagamento aggiuntivo (né iniziale, né mensile).
- Con la "carta bianca" inserita nel decoder TIVU-SAT si possono vedere (via satellite) tutti i programmi, eccetto quelli a pagamento, delle emittenti associate.

Figura 10.1: Esempi presentazione in Trentino

Due delle proiezioni mostrate a supporto della dimostrazione di presenza sono riportate in Figura 10.2



Figura 10.2: Esempi di collegamento decoder

I ragazzi sono stati attenti, hanno posto varie domande e sono risultati in grado di aiutare genitori e nonni durante la transizione al digitale.

## 10.2 Gli incontri di Torino e Roma

Gli incontri erano riservati ai volontari che sarebbero andati nei luoghi di aggregazione sul territorio per spiegare a gruppi di utenti i benefici e la tempistica della transizione e come effettuare i collegamenti e le risintonizzazioni dei decoder.

In quanto lo scopo era formare operatori che dovessero a loro volta spiegare ad altri, entrambe le parti – teorica e pratica – sono state potenziate, rispetto agli incontri con le scuole. Nella prima parte si sono quindi anche spiegate alcune caratteristiche della DTT e si è entrati nel dettaglio delle modalità per accedere al contributo all'acquisto del decoder. Nella seconda parte, si sono mostrati collegamento e sintonia di diversi modelli di decoder (anche con piattaforma TivuSat), operazioni successive alla

sintonizzazione (spostamento canali, sottotitoli, ecc.) e potenzialità dell'interattività locale. La partecipazione è stata continua e le domande piuttosto articolate. Due delle proiezioni mostrate sono riportate in Figura 10.3

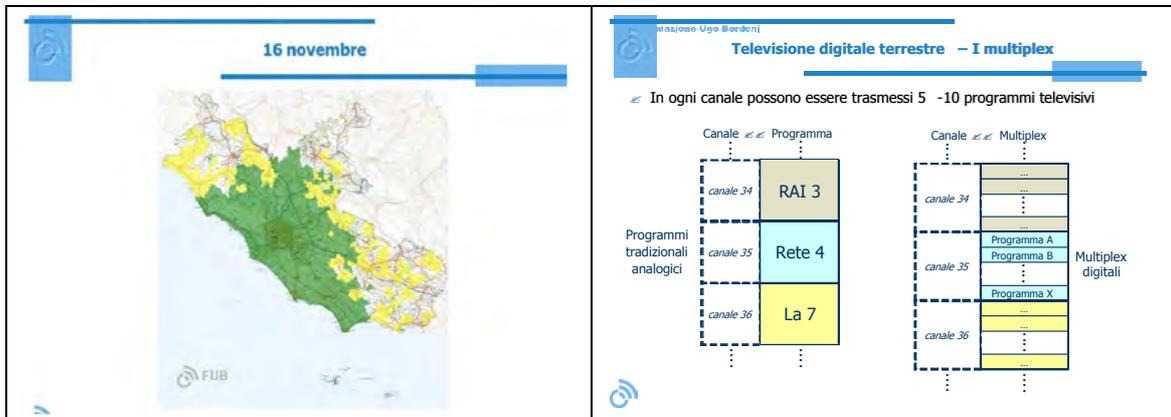


Figura 10.3: Esempi presentazione a Roma

## 9. Sito web per il monitoraggio real-time delle transizioni

Per una facile diffusione delle informazioni sull'andamento degli switch-off nelle varie Aree Tecniche e per permettere una consultazione in tempo reale della situazione per gli addetti ai lavori (FUB, Ministero, Ispettorati, Operatori di Call Center) è stato creato il sito web, ospitato sui server della FUB, <http://switchoff.fub.it>.

Il sito risponde a quattro esigenze parallele:

- rendere accessibili e aggiornabili tutti i dati di database sullo switch-off al personale FUB addetto;
- rendere disponibile lo stato di avanzamento globale della transizione a tutti gli attori istituzionali coinvolti;
- fornire “su richiesta” dei documenti auto-generati dal server che produce le Schede Comune e Operatore.

Dalla home page della sito FUB è stato anche reso disponibile un link (<http://www.fub.it/it/switchdigitaletterestre>) a delle pagine contenenti informazioni sugli swich-off di carattere pubblico.

### 9.1 La “Home Page”

La pagina iniziale permette di effettuare il login alle pagine dedicate alla transizione della specifica Area Tecnica (Figura 9.1)

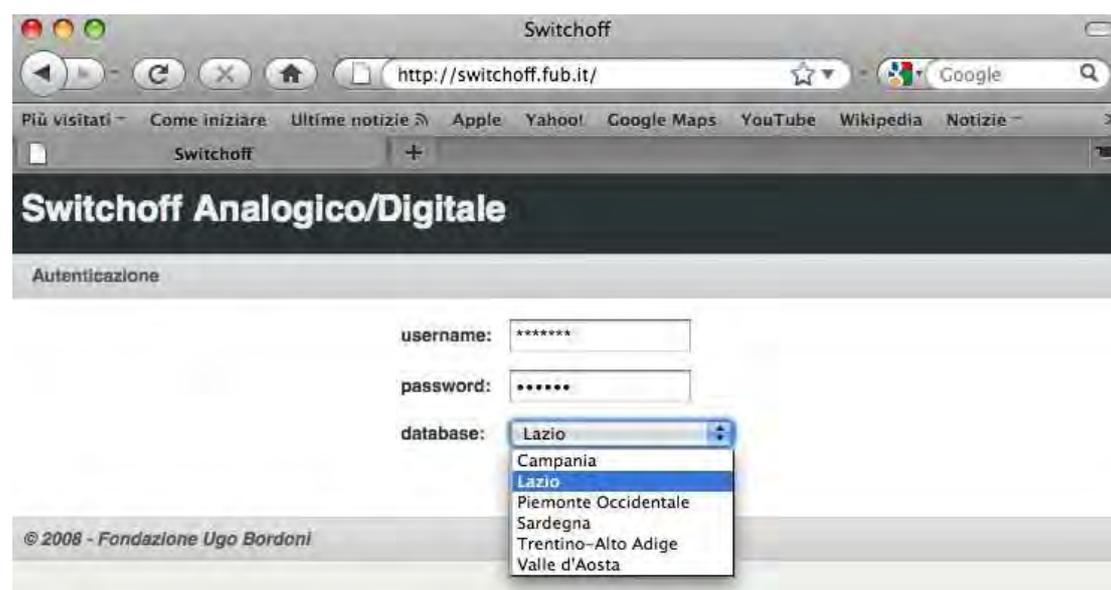


Figura 9.1: Accesso alle pagine di switch-off per Area Tecnica

Dopo l'autenticazione, si accede alla pagina Home da cui è già possibile fruire delle informazioni generali sull'andamento dello switch-off e scaricare i documenti PDF/ZIP delle Schede Comune/Operatore.

La pagina è divisa in tre sezioni principali:

- Menu di navigazione
- Sezione download/calcolo delle Schede e mappe dell'andamento previsto
- Sezione mappe del progresso di Switch-off

Il menu di navigazione è generato automaticamente in base ai privilegi assegnati all'utente che naviga il sito e permette l'accesso alle diverse sezioni presenti nella Home e, ove previsto, all'area riservata per l'amministrazione del database dello switch-off (Figura 9.2).

Nella sezione download/calcolo delle Schede e mappe dell'andamento previsto sono presenti i link per scaricare i PDF/ZIP delle schede Comuni e Operatore e per visualizzare le singole Schede Operatore. Nel caso l'utente disponga dei privilegi necessari, è anche possibile avviare il calcolo delle schede grazie al bottone "Ricalcola le schede" (Figura 9.2).

The screenshot shows the 'Switchoff Analogico/Digitale Lazio' web application. At the top, there is a navigation menu with the following items: Home, Schede comuni, Immagini copertura, Report generale, Report emittenti, Report comuni, and Amministrazione database e consultazione dati. In the top right corner, there is a 'logout' button and a link for 'statistiche d'accesso statistiche utenti'. The main content area is divided into two sections: 'Schede Comuni' and 'Schede Operatore Call Center'. Each section contains two download links for ZIP and PDF files, with their respective update dates and sizes. A 'Ricalcola le schede' button is present in each section, and a search bar with a 'Vai' button is located at the bottom of the 'Schede Operatore Call Center' section.

Figura 9.2: Menù di navigazione e sezione download e calcolo schede

In Figura 9.3 è riportata la sezione in cui è possibile visualizzare l'andamento dello switch-off previsto ed effettivo (progresso reale).

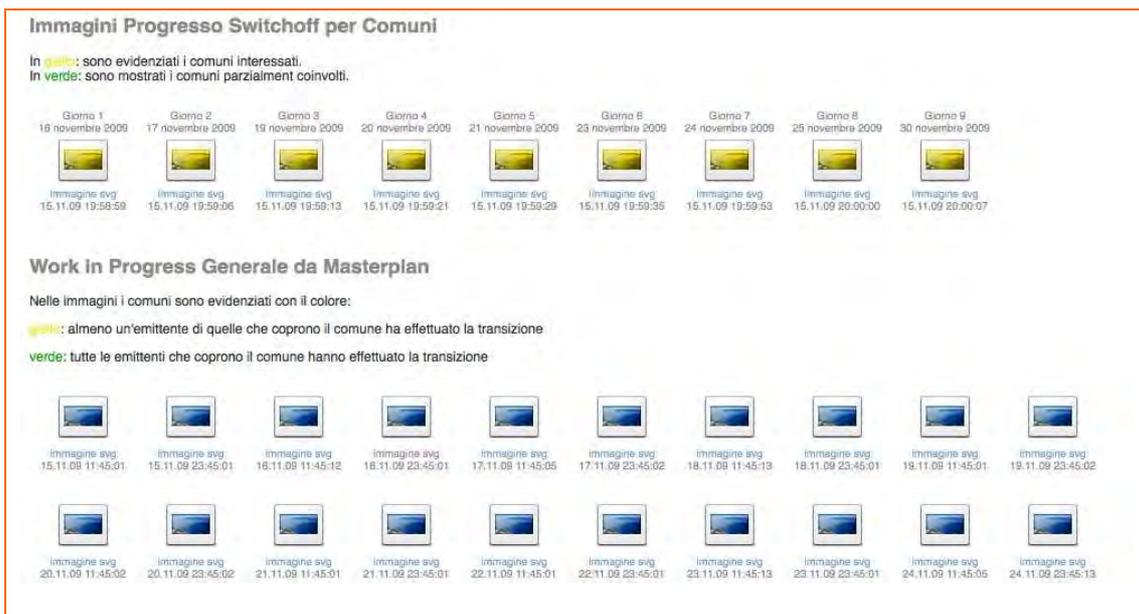


Figura 9.3: Switch-off: visualizzazione andamento previsto ed effettivo

## 9.2 La pagina di amministrazione database

La sezione di amministrazione del database e il suo menù di amministrazione (Figura 9.4), sono accessibili se l'utente appartiene ad un gruppo abilitato alla "lettura" della risorsa "transizione".

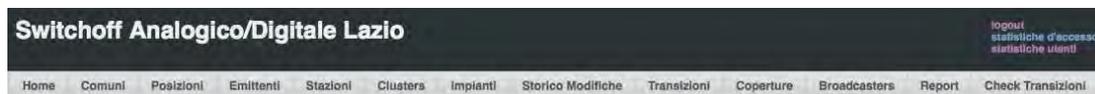


Figura 9.4: Menù di amministrazione database

Da questa pagina è possibile accedere a numerose "viste" del database: *Comuni*, *Posizioni*, *Emittenti*, *Transizioni*, ecc..

Per quanto riguarda le "sotto-risorse" gestibili dai menù sopra elencati, i permessi vanno specificati per ogni risorsa dall'amministratore di sistema e le rispettive voci compariranno nei menù appropriati se il gruppo dell'utente che si sta loggando possiede almeno il permesso di lettura per la risorsa in questione.

Il database dello switch-off memorizza dati riguardanti in senso stretto la conversione al digitale (Impianti, Broadcaster, Comuni, dati di Masterplan) e informazioni sui privilegi di navigazione del sito informativo; perciò il sito deve mettere a disposizione, nella sezione riguardante l'amministrazione del database, un'area dedicata alla gestione dei dati di switch-off e una per la gestione degli utenti del sito.

### 9.3 Viste copertura e transizioni

I dati riguardanti le coperture possono essere visualizzati specificando diversi parametri sui quali restringere la ricerca (vedi Figura 9.5):

- Emittente;
- Stazione da cui trasmette;
- Comune coperto dal segnale;
- Indice di copertura;
- Canale attuale (analogico) su cui l'emittente trasmette;
- Stato della copertura, che può essere un dato fornito dall'emittente o un dato stimato tramite simulazione.

Switchoff Analogico/Digitale Lazio

Home Comuni Posizioni Emittenti Stazioni Clusters Impianti Storico Modifiche Transizioni **Coperture** Broadcasters Report Check Transizioni

Impianto: [dropdown]  
Cluster (gruppo di impianti): [dropdown]  
Stazione di trasmissione: [dropdown]  
Emittente: RAI-TV01  
Comune coperto: Roma  
Canale attuale: [input]  
Record per pagina: 30  
Visualizza

\* usare il punto (.) per inserire valori decimali

Inserire nuovo dato di copertura - Inserire nuova lista di copertura

id	Emittente	Stazione di trasmissione	Impianto	Comune coperto	Indice di copertura	Indice Simulato	Indice Misurato	Canale attuale	Polarizzazione	Note	Op.
194	RAI-TV01	MONTE MARIO HILTON	24380	Roma	88			9			<input type="checkbox"/>
312	RAI-TV01	MONTE CAVO-COSTARELLE	25449	Roma	11			12			<input type="checkbox"/>
471	RAI-TV01	ROMA-TRASTEVERE	27110	Roma	0			5			<input type="checkbox"/>

Seleziona tutti Deseleziona tutti Se selezionati: ✎ ✕

esporta il risultato in formato excel (csv):

Fondazione Ugo Bordonini

Figura 9.5: Pagina amministrazione coperture

Cliccando sul bottone "Visualizza", viene fornita l'informazione sui dati di copertura che corrispondono alla ricerca impostata.

I dati riguardanti le transizioni possono essere visualizzati specificando diversi parametri sui quali restringere la ricerca (vedi Figura 9.6):

- Emittente;
- Stazione da cui trasmette;
- Data effettiva in cui avverrà la transizione;
- Canale futuro (digitale) su cui l'emittente trasmetterà dopo la transizione;
- Data in cui la transizione è stata programmata;

- Stato della trasformazione, che può essere “non effettuata” (l’impianto ancora trasmette in analogico), “effettuata” (l’impianto trasmette in digitale), oppure “trasmettitore spento” (l’impianto non trasmette più in analogico e non è stato riaccessibile in digitale).

Inserire nuovo dato di transizione - Inserire nuova lista di transizione

id_masterplan	Emittente	Bouquet	Stazione di trasmissione	Impianto	Data programmata	Stato	Canale attuale	Canale futuro	Data Effettiva	Note	Op.
A13-0047	RAI-TV03	da inserire	ANACAPRI	23129	2009-12-01	trasmettitore spento	52	26	0000-00-00	Mux3-RAI	<input type="checkbox"/>
A13-0048	RAI-TV03	da inserire	MASSAQUANO	23161	2009-12-01	trasmettitore spento	57	26	0000-00-00	Mux3-RAI	<input type="checkbox"/>
A13-0050	RAI-TV03	da inserire	S.MARIA A VICO	23561	2009-12-01	effettuata	56	26	0000-00-00	Mux3-RAI	<input type="checkbox"/>
A13-0051	RAI-TV03	da inserire	CASERTA	23891	2009-12-01	effettuata	44	26	0000-00-00	Mux3-RAI	<input type="checkbox"/>
A13-0075	RAI-TV03	da inserire	NAPOLI EREMO	26409	2009-12-01	effettuata	46	26	0000-00-00	Mux3-RAI	<input type="checkbox"/>
A13-0078	RAI-TV03	da inserire	FORIO D'ISCHIA	26655	2009-12-01	trasmettitore spento	22	26	0000-00-00	Mux3-RAI	<input type="checkbox"/>
A13-0079	RAI-TV03	da inserire	MONTE DI PROCIDA	26896	2009-12-01	effettuata	68	28	0000-00-00	Mux1-RAI	<input type="checkbox"/>
A13-0083	RAI-TV03	da inserire	S.ANGELO IN FORMIS	27305	2009-12-01	trasmettitore spento	42	26	0000-00-00	Mux3-RAI	<input type="checkbox"/>
A13-0095	RAI-TV03	da inserire	NAPOLI CAMALDOLI	28484	2009-12-01	effettuata	57	26	0000-00-00	Mux3-RAI	<input type="checkbox"/>

Seleziona tutti Deseleziona tutti Se selezionati: ● ● ● ✕

esporta il risultato in formato excel (csv):

Figura 9.6: Pagina amministrazione transizioni

Anche in questo caso cliccando sul bottone "Visualizza", verrà fornita l'informazione sui dati delle transizioni che corrispondono alla ricerca impostata.

L'ultima colonna permette di selezionare tramite il "checkbox" la riga sulla quale si vuole operare. Possono essere selezionate anche più righe contemporaneamente. A seconda delle credenziali dell'utente vengono visualizzate (rese fruibili) fino ad un massimo di 5 operazioni attraverso i seguenti bottoni dedicati:

- Modifica permette la modifica delle informazioni nella riga selezionata;
- Verde pone lo stato della transizione a EFFETTUATA;
- Giallo segnala per la transizione il TRASMETTITORE SPENTO;
- Rosso pone lo stato della transizione a NON EFFETTUATA;
- Cancella elimina l'informazione selezionata:



## Allegati

---

Documenti allegati nel CD:

- Faq abbonati
- (PROG07CONV\_ALLEGATO\_A\_2009.pdf)
  
- COMUNI INTERESSATI ALLO SWITCH-OVER DEL TRENINO DEL 15 febbraio 2009
- (PROG07CONV\_ALLEGATO\_B\_2009\_TrePieLaz.pdf)
  
- Cartine Comuni Interessati Switch Over – Switch Off
- (PROG07CONV\_ALLEGATO\_C\_2009\_TrePieLaz.pdf)
  
- Schede Giornaliere
- (PROG07CONV\_ALLEGATO\_D\_2009\_ValTrePieLaz.pdf)
  
- Schede Comunali
- (PROG07CONV\_ALLEGATO\_E\_2009\_ValTrePieLaz.pdf)
  
- Procedure di sintonizzazione (automatica) dei canali
- (PROG07CONV\_ALLEGATO\_F\_2009.pdf)
  
- DECODER CON CONTRIBUTO STATALE
- (PROG07CONV\_ALLEGATO\_G\_2009.pdf)
  
- Fornitura “coperture” impianti
- (PROG07CONV\_ALLEGATO\_H\_2009.pdf)
  
- Schede Operatore
- (PROG07CONV\_ALLEGATO\_I\_2009.pdf)
  
- Formazione Call Center 2009 switch over Lazio
- (PROG07CONV\_ALLEGATO\_L\_2009.pdf)
  
- Corso scuole e volontari
- (PROG07CONV\_ALLEGATO\_M\_2009.pdf)
  
- Relazione finale: Attività di disseminazione e sensibilizzazione degli stakeholders
- (PROG07CONVRelazioneFinale2009.pdf)



**Analisi dei risvolti economico-  
regolamentari dell'uso dello  
spettro elettromagnetico**

PROG08CONV

Responsabile Dott. Andrea Pannone





## Analisi dei risvolti economico-regolamentari dell'uso dello spettro elettromagnetico

*PROG08CONV – Responsabile Dott. Andrea Pannone*

### **1. Descrizione sintetica del progetto**

- Per il 2009 il progetto 8 si è proposto di proseguire l'analisi degli aspetti economico-regolamentari relativi all'assegnazione dello spettro elettromagnetico, allo scopo di monitorare l'evoluzione dello stato di utilizzo dello spettro in Italia e di fornire un adeguato supporto informativo e concettuale per la politica di gestione dello spettro da parte del policy-maker italiano.
- Proseguendo il lavoro avviato l'anno passato, sono state raccolte e aggiornate le informazioni relative agli aspetti economico-regolamentari di alcuni importanti realtà ester (Stati Uniti, Gran Bretagna, Australia, Nuova Zelanda)
- Per quanto riguarda gli aspetti teorici, ricordiamo che nel progetto 2008 l'attenzione è stata rivolta essenzialmente alla descrizione e a possibili applicazioni di modelli di assegnazione delle frequenze *market driven* (o *market based*), come i modelli d'asta o gli AIP. Cionondimeno, nell'ambito di un più generale ripensamento del ruolo del mercato come luogo esclusivo di efficienza e innovazione, drammaticamente evidenziato dalla attuale crisi economica mondiale, da più parti si sottolinea che l'efficacia dei meccanismi *market based* andrebbe valutata caso per caso e, dove necessario, integrata con l'introduzione di modelli basati sull'adozione di soluzioni 'aperte e collaborative' in grado di sfruttare le potenzialità offerte dallo sviluppo delle nuove tecnologie radio (es, UWB, DSR, reti di Mesh). E' proprio alle 'economics' delle tecnologie radio cognitive che è stata dedicata la parte teorica del progetto.

Nello specifico, le attività del progetto 2009 hanno riguardato

1. Aggiornamento, sulla base di nuovi elementi informativi, dei dati raccolti nel 2008 relativi all'utilizzazione delle frequenze (radiomobili o televisive) in Italia, nella porzione di spettro compresa fra i 200 MHz e i 3 GHz, evidenziando, per ciascun blocco di frequenze, l'ente gestore, l'operatore, i servizi, i criteri di assegnazione, il costo della licenza.
2. Aggiornamento, sulla base di nuovi elementi informativi dei dati raccolti nel 2008 relativi all'assegnazione delle frequenze per la televisione digitale in Italia, con particolare riferimento ai seguenti aspetti:
  - Esame del piano nazionale di ripartizione delle frequenze del Novembre 2008
  - Studio del problema dell'assegnazione delle frequenze all'emittente Europa 7 (riferimento alla canalizzazione Europea)
  - Studio della procedura d'infrazione dell'UE (recenti sviluppi)
  - Analisi dei criteri per la completa digitalizzazione delle reti televisive terrestri (delibera Agcom 181/09/cons)
  - Procedure per l'assegnazione del dividendo digitaleL'aggiornamento di questa attività 2 ha necessariamente seguito il processo di assegnazione dei diritti di uso delle frequenze nelle diverse aree tecniche, secondo il calendario previsto per lo switch-off progressivo (Valle D'Aosta, Piemonte Occidentale, Trentino Alto Adige, Lazio e Campania).
3. Aggiornamento, sulla base di nuovi elementi informativi dei dati raccolti nel 2008 relativi all'utilizzazione delle frequenze radiomobili in UK, USA, Nuova Zelanda e Australi, nella porzione di spettro compresa fra i 200 MHz e i 3 GHz. La descrizione del caso degli Stati Uniti includee la disamina dell'esperienza di transizione al digitale che questo paese sta percorrendo.
4. Analisi dei modelli di assegnazione delle frequenze alternativi a quelli 'market driven (modelli d'asta, AIP, ecc.) basati sull'adozione di soluzioni 'aperte e collaborative' che sfruttano le potenzialità offerte dalle nuove tecnologie radio (es, UWB, DSR, reti di Mesh).

## **2.. Descrizione dettagliata delle attività del progetto**

ATTIVITA' 1: Aggiornamento dello stato fatto dell'arte della gestione delle frequenze radiomobili in Italia

Scopo dell'attività 1 era quello di fornire un quadro aggiornato (dicembre 2009) della gestione delle frequenze dedicate ai servizi di telecomunicazioni in Italia e, più in particolare, dei servizi di telefonia mobile.

Il lavoro svolto si è articolato nel modo seguente:

- Analisi del peso della telefonia mobile all'interno del comparto delle telecomunicazione e valutazioni sul suo ruolo propulsivo all'interno del settore.
- Analisi delle principali applicazioni multimediali a banda larga e valutazioni sul ruolo che l'accesso wireless a banda larga può giocare nel contenere il *digital divide*;
- Descrizione dell'attuale assetto (al 31 dicembre 2009) dello spettro dei sistemi radiomobili alla luce delle azioni compiute dai principali attori del settore, con particolare riferimento alle ripercussioni del piano di razionalizzazione (*refarming*) della banda di frequenza a 900 Mhz.
- Descrizione dell'attuale assetto delle bande di frequenza 790-3800 MHz basata principalmente sul PNRF e sui più importanti provvedimenti del Ministero delle comunicazioni e dell'Autorità succedutisi nel corso del 2009.
- Identificazione delle porzioni di banda che potrebbero essere liberate e offerte sul mercato nel più immediato futuro.

ATTIVITA' 2: Aggiornamento dello stato dell'arte della gestione delle frequenze televisive in Italia

La prima parte dell'attività 2 ha preso in esame gli atti normativi e gli avvenimenti di particolare rilevanza per la pianificazione dello spettro della televisione digitale terrestre in Italia nel periodo novembre 2008- dicembre 2009. Essi comprendono:

- l'emanazione (Gazzetta Ufficiale del 28 Novembre 2008) del nuovo Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze (PNRF) che conferma la allocazione dei canali da 61 a 69 della banda UHF ai servizi televisivi e quindi non prevede, almeno in tempi brevi, l'utilizzazione di tali canali per i servizi mobili, come auspicato dalla conferenza ITU del 2007;

- l'assegnazione all'emittente Europa 7 (Comunicazione del Ministero dell' 11 dicembre 2008) del canale 8 della banda VHF ottenuto dalla ricanalizzazione della banda III. Riguardo al risarcimento richiesto dall'emittente, la sentenza del Consiglio di Stato del 21 gennaio 2009, pur accogliendo le ragioni dell'emittente, ha riconosciuto ad Europa 7 soltanto un risarcimento di poco più di un milione di euro, a fronte di una richiesta di un risarcimento di 2,160 miliardi con le frequenze e di 3,5 miliardi senza l'assegnazione delle frequenze;
- l'emanazione, da parte dell'Agcom, della delibera 181/09/cons che contiene i criteri per la completa digitalizzazione delle reti televisive terrestri. Questa delibera individua un dividendo digitale nazionale di cinque reti che saranno oggetto di una gara indetta dal Ministero dello sviluppo economico. I cinque lotti messi a gara saranno suddivisi in due parti:
  - Parte A, pari a tre lotti, riservata ai nuovi entranti (sono esclusi Rai, Mediaset e Telecomitaliamedia)
  - Parte B, pari a due lotti, aperta a qualsiasi offerente, compresi gli operatori che hanno disponibilità di due o più reti analogiche (quindi anche a Rai, Mediaset e Telecomitaliamedia).
- L'attivazione da parte dell'Agcom di una consultazione pubblica per definire lo schema di provvedimento attuativo con cui sarà assegnato il suddetto dividendo digitale. I provvedimenti attuativi della gara al momento non sono ancora stati emanati.

La seconda parte dell'attività 2 ha esaminato le varie azioni svoltesi nelle aree tecniche in cui lo switch-off è avvenuto nel 2009 (Valle D'Aosta, Piemonte Occidentale, Trentino Alto Adige, Lazio e Campania). Queste attività hanno riguardato:

a) la definizione del piano di assegnazione delle frequenze da parte dell'Agcom per ciascuna delle aree tecniche con la procedura già utilizzata in precedenza in Sardegna ossia con la convocazione di tavoli tecnici ai quali sono ammesse le emittenti nazionali e locali oltre alle Regioni, al Ministero e all'Agcom;

b) l'adozione di alcuni provvedimenti per agevolare l'utenza durante lo switch off: l'attivazione di un call center per gli utenti da parte del Ministero e da parte di regioni e province, la realizzazione di campagne di comunicazione, la realizzazione di incontri sul territorio con i cittadini promossi dalle regioni e dalle organizzazioni dei consumatori, l'attivazione da parte delle regioni di servizi di assistenza a domicilio per l'installazione dei decoder, l'apposizione su decoder e televisori integrati dei bollini del Dgtvi, ecc.

Sono state prese in esame anche le reazioni dell'utenza nelle diverse aree tecnico/geografiche. Nonostante la progressiva crescita nel tempo del numero di famiglie dotate di un ricevitore DTT, del numero di ricevitori venduti e delle quote di ascolto della DTT, una prima analisi delle reazioni dell'utenza evidenzia che l'adozione e l'uso della televisione digitale sono state accompagnate da alcune difficoltà. Le aree di difficoltà non sono né definite né quantificate precisamente, non si conoscono le caratteristiche cognitive, demografiche e sociali dei gruppi in difficoltà, né i motivi legati a ragioni tecnologiche, in particolare d'interfaccia. E' quindi più che mai opportuno approfondire in futuro questi temi ed affrontare le criticità legate all'utenza con un approccio *user centred* di tipo sistematico. In questo ambito è in corso l'attivazione di un progetto presso la FUB, con l'obiettivo di generare una base di dati originale e proprietaria sulle esperienze di uso con le ICT e in particolare con la DTT.

La terza parte dell'attività 2 ha preso in considerazione gli aspetti tecnico-economici ed in particolare i contributi che gli operatori dovranno pagare per la concessione dei diritti di uso. Secondo il Codice delle Comunicazioni Elettroniche i suddetti contributi devono essere fissati dal Ministero sulla base dei criteri stabiliti dall'Agcom. Al momento non c'è ancora stato uno specifico provvedimento Agcom in merito. La materia dei contributi per la concessione dei diritti d'uso sarà inclusa nel bando di gara per l'assegnazione del dividendo digitale la cui emanazione è prevista a breve.

ATTIVITA' 3: Aggiornamento dello stato dell'arte delle principali esperienze straniere in materia di gestione delle frequenze Tv e radiomobili

### *Analisi dell'esperienza del Regno Unito*

Tale attività va considerata come un'integrazione e aggiornamento del lavoro principale "Assegnazione delle frequenze radio in fascia /sweetspot/ in UK" del 3 dicembre 2008. Le informazioni fornite riguardano innanzitutto la politica Ofcom in merito ad assegnazione, a regolamentazione vigente, o a cambi di destinazione d'uso in programma. Inoltre, si mette in risalto il costo dello spettro come risultato del meccanismo di vendita all'asta.

Gli elementi di novità riguardano alcuni elementi importanti sullo Spettro in Uso che, in un anno circa di elaborazioni, OFCOM ha prodotto e pubblicato sul suo sito ufficiale. Il Database dello Spettro è l'esempio di uno strumento consultativo di grande efficacia, creato appositamente a beneficio del pubblico per rispondere in tempo reale a domande contestuali sulle bande assegnate, lo stato dell'asta, le licenze disponibili o le autorizzazioni rilasciate nel territorio. Quanto allo Spectrum Management vengono riportate le ultime significative risposte di OFCOM alla Commissione Europea in merito alla politica di trasformazione del Digital Dividend come opportunità per l'ottenimento di benefici sociali e di crescita economica in Europa.

### *Analisi dell'esperienza degli Stati Uniti*

Il principale elemento di novità nell'esperienza degli USA riguarda il processo di transizione alla televisione digitale terrestre. Per le stazioni televisive full-power il passaggio dalla televisione analogica a quella digitale ha avuto luogo il 12 giugno 2009, con la conclusione della programmazione regolare con segnali analogici entro e non oltre le 23:59, ora locale.

Sotto il "Digital Transition and Public Safety Act" del 2005, le stazioni analogiche full-power negli Stati Uniti avrebbero dovuto cessare le trasmissioni dopo il 17 febbraio 2009. Per aiutare i consumatori degli Stati Uniti durante la transizione, era stato inoltre istituito un programma sponsorizzato a livello federale denominato "DTV Converter Box Coupon Program" che prevedeva un bonus da 40 dollari per i cittadini americani per dotarsi dei decoder necessari per captare il nuovo segnale.

Il "DTV Delay Act" ha modificato la data di switch-off analogico al 12 giugno 2009, anche se alcune stazioni sono state autorizzate a cessare le trasmissioni analogiche prima della nuova data di switch-off obbligatoria. La normativa è stata emanata il 4

febbraio 2009, e l'11 febbraio il presidente Barack Obama ha firmato in legge. L'obiettivo della proroga è stato quello di aiutare le famiglie che non erano state in grado di ottenere coupon e decoder, poichè la domanda di coupon aveva superato il finanziamento previsto nel disegno di legge iniziale, lasciando milioni di persone in una lista d'attesa per ricevere i coupon stessi. Fondi extra per i sussidi sono stati forniti dall' "American Recovery and Reinvestment Act" del 2009.

Alla mezzanotte della data di switch-off originaria del 17 febbraio, 641 stazioni (che rappresentavano il 36 per cento delle emittenti statunitensi full-power) trasmettevano esclusivamente in digitale.

La trasmissione analogica non è cessata totalmente dopo il termine del 12 giugno: secondo le disposizioni dello "Short-term Analog Flash and Emergency Readiness Act", a circa 120 emittenti è stata concessa una estensione notturna del servizio, che è terminata entro il 12 luglio. In una categoria a parte, le stazioni televisive a bassa potenza sono state autorizzate a continuare le trasmissioni analogiche per diversi anni ancora.

#### *Analisi dell'esperienza di Australia e Nuova Zelanda*

L'ACMA (Australian Communications and Media Authority) è attualmente al lavoro con governo e industria sul completamento della transizione alla TV digitale nel 2013, che produrrà il "dividendo digitale" dello spettro a radiofrequenza.

L'ACMA ha pianificato lo spettro, allocato le frequenze ed emesso le licenze che hanno consentito alla maggior parte dei broadcaster di fornire servizi digitali durante il periodo di switch-over analogico/digitale.

L'Autorità sta attualmente sviluppando i modelli che forniranno opzioni al governo per sfruttare il dividendo digitale attraverso il riuso dello spettro non più necessario ai broadcaster per la televisione analogica. E' necessario ancora un intenso lavoro di pianificazione per conseguire la migliore copertura televisiva, il più efficiente uso dello spettro e il maggior ritorno nazionale per la comunità.

La data per lo switch-over alla TV digitale non è ancora stata fissata in Nuova Zelanda. Si prevede che la transizione avverrà nel periodo 2012-2015.

Le decisioni definitive in materia saranno prese dai ministeri competenti dopo un processo consultivo attualmente in corso.

#### ATTIVITA' 4: Analisi delle *economics* delle tecnologie radio cognitive

In questa attività si esaminano, da un punto di vista strettamente teorico, le implicazioni economico-regolamentari delle future evoluzioni delle tecnologie radiomobili. Nuove tecnologie quali quelle cosiddette 'radio cognitive', infatti, influenzeranno significativamente le *policy* di gestione dello spettro elettromagnetico mettendo radicalmente in discussione il *background* teorico sottostante alle tradizionali *economics* dello spettro radio.

Le tecnologie radio cognitive (da ora in poi RCT) sono una famiglia di tecnologie che permette di stabilire se delle frequenze sono in uso in un determinato luogo e, in caso contrario di trasmettere, in condizioni di esenzione da licenza, su quelle stesse frequenze, senza causare interferenze dannose. Grazie a questa caratteristica tali tecnologie sono particolarmente adeguate, tra l'altro, per sfruttare la cosiddetta 'banda di guardia', ossia la porzione di spettro elettromagnetico tra frequenze adiacenti, a vantaggio di una grande varietà di usi. Comunque le RCT si trovano, in termini di applicazione, ancora in uno stato embrionale e pertanto il loro potenziale uso, nonché le implicazioni per la gestione dello spettro, non sono stato del tutto comprese.

Ci sono tre modalità alle quali le RCT possono ricorrere per stabilire se lo spettro è disponibile: a) rilevamento (di altri segnali); b) database di geolocalizzazione (che sono pre-istallati) che permettono agli apparati di cercare frequenze disponibili in base alla loro localizzazione ; c) 'beacon reception', ossia canali pilota che trasmettono costantemente i dati a congegni di tipo cognitivo, abilitandoli a selezionare un canale appropriato. Studi tecnici finalizzati alla soluzione dei problemi connessi alle introduzione delle RCT sono condotti in sede CEPT e ITU.

L'intera banda di frequenza tra 470 e 862Mhz, e in particolare le bande di guardia al suo interno, è, per motivi di propagazione del segnale e caratteristiche delle antenne. quella maggiormente deputata all'uso da parte di queste tecnologie. Altre porzioni di spettro, comunque, potrebbero essere sfruttate in aggiunta o in alternativa.

Attualmente la gestione della banda di frequenza 470 e 862Mhz in sede europea attiene agli Stati Membri che sono generalmente responsabili delle decisioni sull'allocazione dello spettro radio, in conformità con l'assetto regolatorio delle comunicazioni elettroniche. In ragione dei problemi di gestione delle interferenze, gli Stati Membri lavorano congiuntamente ai loro vicini in sede CEPT e ITU

Nel progetto 2008 l'attenzione teorica e modellistica è stata rivolta essenzialmente alla descrizione e a possibili applicazioni di modelli di assegnazione delle frequenze *market driven* (o *market based*), come i modelli d'asta o gli AIP. Cionondimeno, nell'ambito di un più generale ripensamento del ruolo del mercato come luogo esclusivo di efficienza e innovazione, drammaticamente evidenziato dalla attuale crisi economica mondiale, da più parti si sottolinea che l'efficacia dei meccanismi *market based* andrebbe valutata caso per caso e, dove necessario, integrata con l'introduzione di modelli basati sull'adozione di soluzioni 'aperte e collaborative' in grado di sfruttare le potenzialità offerte dallo sviluppo delle nuove tecnologie radio (es, UWB, DSR, reti di Mesh). Il problema è particolarmente rilevante in relazione al processo di transizione alla televisione digitale che pone in evidenza il problema dell'uso più proficuo dei 'White space', o buchi di banda, cioè pezzi di spettro lasciati vuoti dalle bande televisive come conseguenza della loro migrazione al digitale. La Federal Communications Commission (FCC) – l'Authority Usa per le tlc - ha proposto, ad esempio, di servirsi di tali buchi per recuperare frequenze da dirottare verso servizi nuovi, come Internet mobile, banda larga wireless e altre modalità di accesso alla rete. Una direzione, questa, che l'Unione Europea sembra si rifiuti di perseguire.

Nella relazione che raccoglie il lavoro di questa attività, viene analizzato, in via preliminare, un modello analitico per l'uso dello spettro 'licence exempted' mediante tecnologie radio cognitive. Il fine è quello di giungere, in approfondimenti successivi, a una comparazione di un tale modello con quelli, maggiormente sviluppati in letteratura economica, relativi all'uso esclusivo della risorsa spettrale

#### **4.Relazioni allegare (indice)**

1. "Gestione delle frequenze dedicate ai servizi di telecomunicazioni in Italia: situazione a dicembre 2009" (Giacinto Matarazzo e Lodovica Zoccolotti)
2. "La pianificazione dello spettro per la televisione digitale terrestre in Italia. Aggiornamento 2009". (Filomena Papa)
3. "UK – Spettro in uso" (Michele Cornacchia)
4. Spectrum Review: Il caso degli Stati Uniti. Aggiornamento 2009 (Enrico Nicolò e Bartolomeo Sapio).
5. Spectrum Review: Il caso dell'Australia. Aggiornamento 2009 (Enrico Nicolò e Bartolomeo Sapio).

6. Spectrum Review: Il caso della Nuova Zelanda. Aggiornamento 2009 (Enrico Nicolò e Bartolomeo Sapiro).
7. Le *economics* delle tecnologie radio cognitive: nuove prospettive per la gestione dello spettro elettromagnetico” (Andrea Pannone)

### Documenti allegati nel CD:

- Assegnazione delle frequenze radio in fascia sweetspot in UK  
(PROG08CONVAssegnazione delle frequenze radio in fascia sweetspot in UK.pdf)
- Gestione delle frequenze dedicate ai servizi di telecomunicazioni in Italia: situazione a dicembre 2009  
(PROG08CONVGestione frequenze 2009.pdf)
- Grafico 1a: Banda a 900 MHz (uplink)  
(PROG08CONVGrafici bande radiomobili.pdf)
- Le economics delle tecnologie radio cognitive: nuove prospettive per la gestione dello spettro elettromagnetico  
(PROG08CONVLe economics.pdf)
- La pianificazione dello spettro per la televisione digitale terrestre in Italia - Parte 2  
(PROG08CONVPianificazione Spettro Parte2.pdf)
- "Spectrum review": il caso dell'Australia  
(PROG08CONVRassegna Australia 2009.pdf)
- "Spectrum review": il caso della Nuova Zelanda  
(PROG08CONVRassegna New Zealand 2009.pdf)
- "Spectrum review": il caso degli Stati Uniti  
(PROG08CONVRassegna USA 2010.pdf)
- UK - SPETTRO IN USO  
(PROG08CONVUK spectrum D late news.pdf)
- Relazione finale: Analisi dei risvolti economico-regolamentari dell'uso dello spettro elettromagnetico  
(PROG08CONVRelazioneFinale2009.pdf)



# Evoluzione del servizio e piattaforme alternative

PROG09CONV

Responsabile Ing. Francesco Matera





## Evoluzione del servizio e piattaforme alternative

*PROG09CONV Responsabile: Ing. Francesco Matera*

### **Sommario attività 2009**

Nel corso del 2008 le attività si erano principalmente concentrate su uno studio delle tre piattaforme digitali disponibili (terrestre, satellitare e IP) e sulle loro evoluzioni. In particolare un'approfondita analisi fu riportata per il DVB-S2 e il DVB-T2, oltre che alla IPTV e alla Open IPTV. Da quella analisi era anche stato sottolineato che gli interessi maggiori per gli sviluppi futuri erano per la TV su protocollo IP. Per questa ragione, nel corso del 2009 le attività sulla evoluzione del servizio e sulle piattaforme alternative si sono principalmente concentrate su quest'ultimo tema. Poiché in Italia la piattaforma della TV su protocollo IP ha oggi ancora troppe limitazioni dovute alla scarsa diffusione della larga banda, parte delle attività sono state specificamente indirizzate per fornire un supporto al Ministero dello Sviluppo Economico ai fini di esercitare tutta una serie di azioni con lo scopo di facilitare la diffusione della larga banda, in modo da abilitare il Paese anche al servizio della TV su protocollo IP, che potrebbe garantire un forte arricchimento dei contenuti anche per la TV digitale terrestre. Fatta quindi questa semplice premessa vediamo l'elenco dei principali gruppi di attività svolte nel 2009:

- A. Indagine sulle tecniche per la televisione su protocollo IP in reti managed e non managed
- B. Azioni per la diffusione della larga banda per una piattaforma televisiva su protocollo IP
- C. Sperimentazioni su architetture innovative per l'offerta dalla TV su IP
- D. Specifiche tecniche e scenari di introduzione della Televisione ad Alta Definizione (HDTV)
- E. Caratterizzazione e sperimentazione di apparati per la ricezione DVB-T

---

## Indice generale

1	Indagine sulle tecniche per la televisione su protocollo IP in reti managed e non managed...	7
2	Azioni per la diffusione della larga banda per una piattaforma televisiva su protocollo IP.....	8
2.1	Supporto al Ministero dello Sviluppo Economico .....	9
2.1.1	Stato della copertura del servizio a banda larga in Italia.....	13
2.1.2	Le iniziative in corso per l'abbattimento del Divario Digitale.....	18
2.1.3	Proposta di piano per le aree rurali .....	21
2.1.4	Verso un Piano Nazionale Larga Banda. ....	22
2.2	Stime di costi per la messa in campo della Next Generation Access Network.....	24
2.2.1	Architetture FTTx.....	24
2.2.2	Costi della cablatura in fibra fino al Cabinet .....	27
2.2.3	Costi degli apparati e scelta tecnologica in un'architettura FTTC.....	31
2.2.4	La nostra proposta per una NGN in Italia.....	31
2.2.5	Stime di costi per la messa in campo della Next Generation Access Network.....	31
2.2.6	Il punto di partenza: il Piano Romani.....	32
3	Sperimentazioni su architetture innovative per l'offerta della TV su IP .....	35
3.1	Sperimentazioni sulla rete di contribuzione realizzata sia in ambiente di rete controllata da operatore (managed) che "aperta". .....	35
3.1.1	Risultati.....	38
3.2	TV su protocollo IP con trasmissione tramite ponte radio a 60 GHz.....	41
3.2.1	Cenni sulle trasmissioni radio a 60 GHz.....	41
3.2.2	Descrizione della rete sperimentale.....	43
3.2.3	Misure su servizi video.....	48
3.2.4	Conclusioni.....	53
3.3	Effetti del ripristino nelle reti Ethernet sul segnale video.....	55
3.3.1	Sperimentazione di servizi video utilizzando tecniche di ripristino in reti geografiche gbe: Descrizione generale delle prove.....	55
3.3.2	Interruzione del link.....	56
3.3.3	Tempi medi di Ripristino.....	57
3.3.4	Deterioramento flusso IP-TV HD.....	60
3.3.5	Fast ReRoute.....	62
3.3.6	Tempo medio di ripristino Fast Reroute.....	63
3.3.7	Deterioramento Flusso Video HD.....	65

---

3.3.8 Standby Secondary Path.....	69
3.3.9 Tempo medio di ripristino Standby Secondary Path.....	70
3.3.10 Misura deterioramento Flusso Video HD.....	72
3.3.11 Multi Homing.....	74
3.3.12 Tempo di ripristino Multi Home.....	75
3.3.13 Panoramica conclusiva dei risultati ottenuti.....	78
3.4 Integrazione del digitale terrestre con le reti NGN: la trasmissione DVB-T su Fibra Ottica.....	80
3.4.1 Considerazioni teoriche.....	80
3.4.2 Integrazione con la rete di accesso.....	83
4 Specifiche tecniche e scenari di introduzione della Televisione ad Alta Definizione (HDTV) .....	85
4.1 Descrizione dell'attività del 2009. ....	85
5 Caratterizzazione e sperimentazione di apparati per la ricezione DVB-T.....	88
5.1 Test bed per la verifica delle funzionalità dei decoder.....	88
5.2 La canalizzazione in Banda III VHF.....	91
5.3 La numerazione automatica dei canali.....	91
5.4 Test dei decoder.....	92
5.4.1 Analisi dei documenti e definizione della test suite.....	93
5.5 Allegato A.....	94
6 Attività 9.3. Specifiche tecniche e scenari di introduzione dell'Alta Definizione. ....	103

---

## Premessa

Nel corso del 2009 il processo di switch-off delle trasmissioni tv in tecnica analogica terrestre, è stato effettuato in Piemonte occidentale, Trentino-Alto Adige, Lazio e Campania. L'Italia, in questo modo ha dato una importante svolta all'affermazione della tv digitale.

Quel che è ovvio da un punto di vista tecnologico, cioè che la tv digitale terrestre sostituisce la tv analogica terrestre, non è affatto scontato per quanto riguarda la sua adozione da parte dell'utenza che rimarrà priva della ricezione tradizionale. Se è vero che una preponderante maggioranza migrerà verso la tv digitale terrestre, si aprirà anche la possibilità di una migrazione verso la piattaforma satellitare DVB-S. Questo avverrà, non solo per i noti problemi di fattibilità economica della copertura digitale terrestre in molte aree geograficamente od orograficamente "marginali", ma anche per un evento importante dal punto di vista degli assetti di mercato: nel 2011 scadrà il vincolo per Sky riguardante l'impegno da essa convenuto con la Commissione Europea a non diffondere i suoi segnali attraverso piattaforme diverse dal satellite. Alla probabile entrata di Sky sulla piattaforma terrestre, farà da contraltare la presenza sul satellite di una programmazione fruibile realmente in chiaro (ossia mediante white smartcards, gratuite ma necessarie per limitare la fruibilità di programmi su scala nazionale; si ricorda che attualmente molti programmi nazionali che sono in chiaro sul terrestre sono disponibili sul satellite soltanto nell'ambito di un'offerta a pagamento!). E' prevedibile, quindi, il conseguimento di una sempre maggior indipendenza dei contenuti rispetto al mezzo di diffusione, ovvero una sempre più chiara distinzione del ruolo di editore televisivo o di fornitore di contenuti da quello di broadcaster. Detto in altri termini, un editore televisivo vorrà essere presente con i suoi contenuti su tutte le piattaforme di diffusione; viceversa, su ogni piattaforma di diffusione saranno disponibili per lo meno i canali in chiaro di tutti gli editori televisivi nazionali e di molti editori televisivi locali.

Infine, nelle aree a forte densità urbana, dove gli investimenti per la rete a larga banda sono valutati come sufficientemente remunerativi, in un dato orizzonte temporale, per i gestori di rete, si vedrà una notevole crescita dell'offerta e della domanda triple play. Questo farà crescere fortemente la rilevanza della TV digitale attraverso il protocollo Internet, nelle due declinazioni IPTV, ossia servizio televisivo con qualità delle prestazioni riconducibili alla responsabilità del gestore, e WebTV, ossia servizio televisivo con qualità best-effort. IPTV e WebTV pongono delle notevoli sfide di carattere tecnologico, soprattutto dal punto di vista delle prestazioni richieste alla sottostante rete a banda larga, ma comportano – per la presenza del canale IP intrinsecamente bidirezionale – la disponibilità immediata di nuovi

---

paradigmi detti “non lineari” per la fruizione dei contenuti televisivi. Per questo motivo IPTV e WebTV sono attualmente un segmento molto studiato non solo dagli ingegneri delle comunicazioni elettroniche ma anche un fecondo terreno di indagine da parte degli specialisti di mass media e di scienze della comunicazione.

Tornando a parlare di piattaforma digitale terrestre, nel quinquennio 2001-2005 che potremmo definire pionieristico (di regolamentazione transitoria e di primo esercizio delle nuove reti), si è pensato che sfruttando, grazie alla tecnologia DBV-T, la multiplabilità digitale di cinque-sei canali televisivi su un solo canale herziano e l’adozione di reti di diffusione a singola frequenza, si potesse con grande larghezza di risorse:

- A. riallocare sulla rete digitale tutta l’offerta, nazionale e locale, attualmente disponibile sull’analogico;
- B. avere banda disponibile per la diffusione di nuovi canali televisivi offerti sia dagli editori già presenti sul mercato, sia da nuovi editori;
- C. poter inoltre disporre di un dividendo digitale.

Nel triennio 2006-2008 si è visto che non c’è affatto da largheggiare, per due motivi fondamentali:

- 1 l’esercizio di una parte cospicua delle risorse frequenziali nella banda televisiva utilizzate dai nostri broadcaster nazionali e locali, in base al piano WRC-06 di Ginevra, non competeva più all’Italia.
- 2 si è assistito ad un progressivo affermarsi di una domanda di tv ad alta definizione, stimolata non tanto dall’offerta di contenuti, quanto soprattutto dall’offerta di grandi schermi piatti (schermi al plasma e schermi LCD) apprezzati dall’utenza come capaci di consentire una maggiore coinvolgimento nella scena. I contenuti in alta definizione, tuttavia, se codificati in sorgente, ossia numerizzati e compressi con la tecnica (MPEG-2) adottata per la tv digitale di prima generazione, richiedono una banda all’incirca quintupla di quella necessaria per la loro versione in definizione standard, annullando sostanzialmente i benefici della multicanalità introdotti dal digitale terrestre.

In risposta alla notevole domanda di banda trasmissiva, ci sono oggi due soluzioni tecniche:

- le tecniche di diffusione digitale di seconda generazione (codifiche di canale DVB-S2 e DVB-T2)
- la codifica di sorgente MPEG-4 AVC.

---

La tecnica DVB-S2 è già in esercizio commerciale su vari trasponder satellitari, consentendo sia l'affitto di banda a costi competitivi per la trasmissione di canali a definizione standard, sia l'affitto di banda a costi ragionevoli per la trasmissione di canali ad alta definizione.

La tecnica DVB-T2 è in fase solo sperimentale. Per la sua entrata in esercizio sono previsti tempi diversi, da parte di differenti broadcaster europei. L'arco temporale più breve per la sua introduzione in rete è attualmente previsto in due-tre anni dalla BBC. Sono comunque tempi di introduzione che contrastano con un'età ancora troppo giovane del parco ricevitori digitali installati nella maggior parte delle abitazioni.

---

## **1 Indagine sulle tecniche per la televisione su protocollo IP in reti managed e non managed**

La televisione su Internet, ovvero la diffusione di servizi televisivi ad un'utenza dotata di accesso alla "Rete", è il frutto della convergenza del broadcasting televisivo con i paradigmi di comunicazione tipici della rete Internet. Grazie alla natura intrinsecamente bidirezionale della comunicazione sulla Rete infatti, gli utenti possono contare su un servizio interattivo a banda larga e su modalità di fruizione innovative, come il video-on demand e la personalizzazione dei palinsesti. Queste nuove capacità incarnano in misura massima uno strumento on-demand, personale ed interattivo, come fase saliente di una metamorfosi culturale dalla quale si attende la nascita della nuova televisione, contaminata dalla personalizzazione dei servizi, che su Internet costituisce la regola, e vicina come non mai alle esigenze ed agli interessi dell'utente.

Su questo tema la Fondazione Bordini ha presentato una rassegna completa delle tecnologie IPTV e WebTV in un nuovo volume, di oltre 500 pagine che viene allegato a questa relazione. Il volume illustra le tre "opzioni tecnologiche principali" (così chiamate dagli enti di normativa internazionale) per i servizi televisivi su Internet:

WEB-TV sulla Internet pubblica, nella quale è difficile garantire qualità nel trasporto dell'informazione, ma in compenso l'utente può accedere ad un palinsesto di dimensione planetaria, navigando tra i servizi televisivi di qualsiasi fornitore di contenuti senza la mediazione di Operatori di rete.

IP-TV su rete IP del proprio Operatore di rete, che può garantire qualità nel trasporto dell'informazione, ma anche decidere sia i contenuti da diffondere, sia le relative restrizioni di accesso e politiche tariffarie, attribuendosi così parte delle revenues dei tradizionali Broadcaster.

IP-TV su NGN (Next Generation Network), con possibilità per gli utenti di accedere a palinsesti su scala globale, grazie ad un'interoperabilità generalizzata, tra utenti, fornitori di contenuti, fornitori di servizi e operatori di telecomunicazione. Scenario riservato, però, ad una futura evoluzione delle reti di telecomunicazioni verso una tipologia di rete multi servizio.

---

## **2 Azioni per la diffusione della larga banda per una piattaforma televisiva su protocollo IP**

Con le attività svolte nel 2008 fu mostrato come una piattaforma di fondamentale importanza per la TV digitale era quella basata su protocollo IP e che richiedeva quindi un accesso a banda molto larga. E' sicuramente questa la piattaforma che avrà i maggiori sviluppi e che potrebbe essere anche un traino verso l'utilizzo del mondo internet anche per persone che non hanno alcuna dimestichezza con il mondo delle TLC e dell'informatica; infatti proprio i TV con browser incorporato potrebbero essere i veicoli che possono permettere a tutti un accesso al mondo internet tramite il semplice telecomando. Questo progetto ha quindi avuto anche lo scopo di svolgere tutte una serie di attività svolte alla diffusione della larga banda in tutto il territorio, in modo da dare a tutti la possibilità di utilizzare anche la piattaforma su base IP per la TV digitale. In particolare in questa relazione riportiamo tutte le attività fatte a supporto del MISE.

Tali attività sono state inquadrare in tre Task distinti. Il primo Task ha visto la Fondazione Bordoni impegnata nel supporto dato al dipartimento Comunicazioni del MISE sul monitoraggio e la verifica degli Accordi di Programma Quadro (APQ). Il secondo Task ha interessato il contributo dato al Ministero in collaborazione con Infratel nella stesura del Piano Nazionale della Banda Larga: tale piano ha costituito un elemento fondamentale per quello che è stato presentato in giugno 2009 come Piano Romani. Il compito svolto dalla FUB è stato l'illustrazione del piano alle Regioni e la sensibilizzazione di queste ultime a parteciparvi con risorse autonome; in particolare si è lavorato con successo affinché le Regioni impegnassero i loro fondi provenienti dal MIPAAF e dalla Comunità Europea (fondi FEASR) all'interno del Piano Nazionale, attività ampiamente descritta nel capitolo aree rurali, con il fine di valorizzare tutte le risorse all'interno di un piano centralizzato, razionale e ben coordinato. Nel terzo Task la Fondazione è impegnata in una attività di indirizzo strategico con il compito di definire le linee guida per gli investimenti nelle Next Generation Network (NGN) con particolare riferimento alle reti di accesso (NGAN). In questo contesto è presentata una prima stima di massima dei costi degli investimenti necessari per approvvigionare i singoli cittadini di capacità di banda superiori ai 50 Mbit/s.

---

## 2.1 Supporto al Ministero dello Sviluppo Economico

Nell'ambito delle attività condotte nel 2009 dalla Fondazione Ugo Bordoni (FUB) a supporto del MISE (Ministero dello Sviluppo Economico – Dipartimento delle Comunicazioni), particolare importanza ha rivestito il tema della banda larga nella sua interezza, intendendo con ciò lo studio e l'implementazione di tutte le strategie che risulti possibile mettere in atto nel Paese per favorire accesso indiscriminato e ad alta velocità alle infrastrutture e servizi di telecomunicazione e alle moderne tecnologie informatiche, soprattutto nelle aree sottoutilizzate, volano e fattore essenziale per lo sviluppo socio-economico del Paese, nonché la contribuzione alla definizione di una politica di indirizzo strategico mirata all'individuazione delle linee guida necessarie per orientare i futuri investimenti propedeutici alla realizzazione delle Next Generation Network (NGN), con particolare riferimento alle reti di accesso (NGAN – Next Generation Access Network).

Attualmente la possibilità di offrire su tutto il territorio nazionale collegamenti a banda larga, è riconosciuto dalla Comunità Europea (CE) come uno dei bisogni primari per lo sviluppo sostenibile di un territorio, rappresentando condizione essenziale per evitare l'isolamento e la distanza di aree svantaggiate dal punto di vista orografico, demografico ed economico che, in caso contrario, vedrebbero aumentare inesorabilmente il "gap" già esistente con il resto del Paese.

In tal senso, nel pacchetto di misure di stimolo all'economia, nell'ambito del Piano di ripresa economica proposto dalla CE (European Economic Recovery Plan- dicembre 2008), sono stati fissati una serie di obiettivi per lo sviluppo della connettività attraverso l'uso della banda larga. Il target prefissato da raggiungere entro il 2010 è la copertura al 100% con una connessione ad internet veloce in tutti gli Stati Membri, cui si accompagna la necessità di un aggiornamento delle reti attualmente in uso per la promozione di investimenti competitivi con l'installazione di reti in fibra ottica e wireless.

In particolare, la Commissione ha chiesto agli Stati Membri, Regioni e Autorità locali di valutare la possibilità di modificare i propri programmi di sviluppo rurale per dare il giusto rilievo alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione.

Ciò con l'obiettivo di favorire lo sviluppo di iniziative industriali atte a promuovere la valorizzazione delle risorse e delle competenze presenti sul territorio, ad attrarre investimenti privati ed introdurre ed incentivare la competitività del sistema di comunicazione favorendo la partecipazione di tutti gli operatori economici.

---

In questo contesto la FUB, di concerto con la società Infratel Italia, ha partecipato ad una serie di incontri con i rappresentanti delle Amministrazioni Regionali (settore innovazione tecnologica e settore delle politiche agricole, in particolare), con l'intento di sensibilizzarli ad impegnare i fondi a loro disposizione, soprattutto i 188 Milioni di euro provenienti dal MIPAAF (Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali ) e dalla Comunità Europea (fondi FEASR da investire in aree rurali classificabili come di categoria C (aree rurali a sviluppo intermedio) e D (aree rurali con problemi complessivi di sviluppo) secondo il criterio di classificazione dei territori della Comunità Europea), al fine di favorire la realizzazione e l'integrazione di infrastrutture di rete di telecomunicazioni a banda larga, non attraverso interventi singoli e scoordinati, ma all'interno di un piano nazionale, centralizzato e razionale. Ciò garantirebbe la possibilità di impiegare tecnologie moderne ed affidabili per realizzare un'infrastruttura aperta e modulare, evitando duplicazioni di investimenti, utilizzando infrastrutture esistenti e disponibili sul territorio, ed infine permettendo l'utilizzo delle infrastrutture a tutti i soggetti interessati, senza discriminazioni e secondo principi di equità. Tali risorse regionali andrebbero così ad essere sommate a quelle stanziare dal governo nel cosiddetto "Piano Romani", mirato alla possibilità di consentire all'intera popolazione nazionale di connettersi ad Internet ad una velocità compresa tra 2 e 20 Mbit/s.

La preparazione agli incontri con le Regioni ha richiesto lo svolgimento di un'analisi preventiva sullo stato del Digital Divide regionale, valutato caso per caso. Tale lavoro, svolto in collaborazione con Infratel, società in house al Ministero, è stato condotto attraverso la consultazione del database delle centrali telefoniche presenti sul territorio italiano, fornito da Telecom Italia, al fine di individuare le aree in cui intervenire per realizzare infrastrutture in fibra ottica o wireless (nel caso di centrali con meno di 300 linee equivalenti) per il completamento della rete di backhauling ad alta capacità, ipotizzando anche una stima di costi conseguenti.

Ad agosto 2009 il livello di copertura delle centrali con cavi in fibra ottica risultava piuttosto basso: circa il 60% di esse risultava collegato con portanti in fibra, mentre le rimanenti centrali, presenti in aree caratterizzate da bassa redditività, risultavano connesse mediante sistemi trasmissivi basati su rame o radio a bassa capacità, che limitano fortemente lo sviluppo della rete a banda larga.

Ciò porta a stimare una spesa di circa 1 miliardo di euro per il completamento della rete di backhaul in fibra ottica, con l'obiettivo di raggiungere anche il restante 40% delle centrali, cui corrisponde una popolazione scoperta pari all'8,2% del totale, soprattutto in considerazione

---

del fatto che il territorio caratterizzato da mancanza di backhaul ottici risulta abbastanza ampio e diffuso in tutte le regioni italiane.

Per l'attuazione degli interventi individuati in sede di analisi e concordati con le Regioni, il modello da implementare prevede l'attivazione di uno specifico Accordo di Programma tra il MISE ed ogni singola Regione, all'interno del quale viene stabilita la costituzione di uno specifico Comitato di Monitoraggio e Verifica del processo di realizzazione delle infrastrutture a banda larga sul territorio regionale, costituito da due componenti nominati dall'Amministrazione Regionale e due dal Ministero dello Sviluppo Economico, uno dei quali appartenente alla Fondazione Bordini.

Tra i compiti di tale Comitato è prevista l'approvazione di una specifica Convenzione Operativa tra la Regione ed il Ministero dello Sviluppo Economico con lo scopo di definire nel dettaglio:

- i territori sui quali intervenire, coerentemente con le specifiche presentate nell'Allegato Tecnico e nel rispetto dei vincoli di destinazione dei fondi;
- le modalità, e la tempistica di realizzazione integrata e coordinata degli interventi;
- le modalità per l'espletamento di tutti gli oneri formali e sostanziali delle procedure di gestione e rendicontazione, nel rispetto dei vincoli di destinazione dei fondi;
- i criteri e le modalità di ripartizione dei proventi e degli oneri economici derivanti dalla gestione e manutenzione delle reti realizzate attraverso l'Accordo di Programma;
- le modalità ed i tempi di presentazione degli avanzamenti e dei rapporti di monitoraggio.

La Fondazione Bordini, in particolare, ha contribuito alla stesura degli Allegati Tecnici relativi agli Accordi di Programma Quadro (APQ) per la regione Sardegna e la regione Liguria, all'interno dei quali vengono definite nel dettaglio le aree e le relative priorità di intervento.

Parallelamente a ciò è proseguito il lavoro di monitoraggio e verifica degli APQ già definiti tra il MISE ed alcune Regioni (Lazio, Sardegna, Liguria, Emilia-Romagna, Marche ed Umbria), cui va aggiunto il tentativo di estendere la stessa modalità di intervento anche alle altre regioni non ancora coinvolte nel processo, provvedendo alla raccolta di informazioni sullo stato dell'arte della banda larga sul loro territorio.

Sulla base delle informazioni raccolte la FUB, in collaborazione con Infratel, ha affiancato il Ministero nella definizione di un Piano Nazionale di intervento mirato all'abbattimento del Digital Divide in Italia, che ha rappresentato la base su cui è stato definito quello che in giugno 2009 è stato presentato all'opinione pubblica come "Piano Romani".

---

Di fatto, il costo da sostenere per l'attuazione di tale piano viene stimato intorno ai 1470 milioni di euro da spendere nei prossimi 4 anni, comportando il coinvolgimento di circa 50.000 persone impegnate nelle attività di manodopera e progettazione, con ulteriori benefici per tutto l'indotto, dovuti alla necessità di acquistare apparati, materiali per la posa della fibra, tralicci per le infrastrutture radio, per i lavori civili, ecc.

Ciò ha portato alla necessità di incontrare le singole Regioni per illustrare gli obiettivi che il Piano si propone, sensibilizzandole a parteciparvi il più possibile con risorse proprie da integrare con i fondi che il MISE ha già impegnato ed impegnerà sul loro territorio per il tramite di Infratel, società di scopo che investe nella costruzione di infrastrutture in fibra ottica per il potenziamento del backhauling nelle aree a fallimento di mercato, salvo poi metterle disposizione degli operatori di telecomunicazioni, che offrono quindi i servizi ai clienti finali.

E' stato possibile, quindi, quantificare l'ammontare totale del fabbisogno regionale, distinguendo gli investimenti necessari per il completamento della rete di backhaul da quelli necessari per la bonifica della rete d'accesso e per la conversione degli apparati di centrale per la fornitura di servizi ADSL2+ a 20 Mb/s, nonché l'ammontare totale delle risorse disponibili.

In aggiunta, la Fondazione Bordini ha provveduto ad effettuare uno studio propedeutico alla valutazione dell'impatto economico che la realizzazione di un'infrastruttura di rete NGN potrebbe avere in Italia, partendo da una proposta tecnica che tenga conto di tutte le soluzioni tecnologiche che può risultare conveniente implementare per consentire la fruizione di servizi di rete disponibili sulle reti di prossima generazione, avendo ben presenti esigenze, quali:

- investire con una prospettiva di 15-20 anni;
- garantire che la tecnologia possa "supportare" il trend di crescita della richiesta di banda (raddoppia ogni 18 mesi);
- garantire che la tecnologia possa raggiungere il massimo numero di utenti;
- garantire economicità e flessibilità all'utente finale;
- garantire un'infrastruttura con cui gli operatori possano dare servizi innovativi a basso costo.

Tale studio fornirà la base su cui si prevede di costruire nel 2010 un progetto (denominato VATE) in collaborazione tra FUB ed ISCTI (Istituto Superiore delle Comunicazioni e delle Tecnologie dell'Informazione), mirato alla definizione di un modello di analisi orientato alla valutazione tecnico economica dei fattori in grado di influenzare i cambiamenti nel tessuto

---

sociale ed economico del Paese conseguenti al passaggio alle reti di nuova generazione o, in altre parole, alla diffusione capillare della larga banda sul territorio nazionale, anche per la diffusione della TV su protocollo IP.

### *2.1.1 Stato della copertura del servizio a banda larga in Italia*

Per le attività del punto 2.1 è stato necessario fare una fotografia sullo stato attuale della Larga Banda in Italia e la FUB ha svolto una approfondita analisi sullo stato della diffusione della larga banda su tutto il suo territorio, mediante il metodo qui di seguito descritto.

Prima di tutto si è reso necessario importare i dati dal database aggiornato di Telecom Italia riguardo il mercato 12 Wholesale suddividendoli in base a Comune e velocità massima di collegamento a seconda delle diverse tecnologie adottate (ADSL, ADSL2+). Successivamente si è dovuto incrociare i dati ricavati con la lista totale dei comuni prelevata dal sito ISTAT, già comprensivi di georeferenziazione, creando quindi un database parziale per ciascun valore di collegamento. Per ultimo si è provveduto all'utilizzo di un software di georeferenziazione di tipo GIS (Geographical Information System) per la creazione degli shapefiles (l'insieme dei poligoni il cui perimetro corrisponde al Comune posizionato sulla cartina) corrispondenti a ciascun dato di velocità. La cartina nella sua composizione finale si è ottenuta per sovrapposizione di tali shapefiles partendo da quello comprensivo di tutti i comuni in grigio e sovrapponendo successivamente quelli di diversi colori passando dalla 640 Kb/s ai 20 Mb/s.

Vediamo i risultati che sono stati ottenuti da questo studio.

La diffusione dei servizi a larga banda in Italia è essenzialmente basata sulla tradizionale rete in rame pianificata e costruita per l'esigenza della copertura del servizio universale telefonico, e che mediante sistemi di trasmissione xDSL può essere utilizzata per servizi di connettività ai cittadini fino a 20 Mbit/s.

La struttura della rete di accesso tradizionale caratterizzata da una estrema capillarità e dalla elevata distribuzione delle centrali telefoniche, hanno consentito una lunghezza media della connessione in rame che risulta tra le più corte del mondo (inferiore a 3 km). Per questo motivo le connessioni xDSL hanno avuto in Italia una larga diffusione senza la necessità, almeno per il momento, di interventi infrastrutturali sulla rete di accesso.

D'altra parte la distribuzione delle centrali telefoniche tradizionali (10.400 centrali su 8101 comuni italiani), rende necessario una rete di backhauling in fibra ottica per la raccolta del traffico generato dagli utenti connessi con sistemi ADSL.

---

Attualmente in Italia (Agosto 2009) soltanto il 60% delle centrali telefoniche sono collegate con sistemi trasmissivi in fibra ottica. Le rimanenti centrali sono in gran parte collocate su aree rurali a bassa densità abitativa e non possono garantire connessioni xDSL a larga banda.

Il Deficit Infrastrutturale causato dalla mancanza di rilegamenti in fibra ottica (backhauling) non è facile da eliminare a causa dell'elevato investimento necessario per la posa dei nuovi cavi ottica rispetto alla scarsa domanda potenziale delle aree rurali.

Per completare la rete di backhauling in fibra ottica per tutte le centrali rimanenti sono necessari investimenti per circa 1 Miliardo di Euro.

In alcune aree l'operatore dominante Telecom Italia ha installato apparati che forniscono servizi ADSL in aree dove non è presente la fibra mediante sistemi di limitata capacità in cui la connessione dell'utente è arriva ad una capacità di 640 Kbit/s. Sebbene questa soluzione abbia nel breve periodo potuto consentire una connessione "flat" in sostituzione delle connessioni con modem telefonici, l'introduzione di queste tecnologie ha generato ulteriori discriminazioni nelle zone servite. Nella aree con copertura ADSL sono oggi possibili collegamenti fino a 7 Mbit/s e nelle aree di maggior densità abitativa sono presenti servizi anche a 20 Mbit/s.

Nelle zone servite da apparati MiniDSLAM (siano essere rurali o urbane) il servizio è limitato sia per la velocità massima di connessione (< 640 Kbit/s) sia per il numero massimo di connessioni che il sistema può supportare, con la insoddisfazione di utenti non collegabili che convivono con utenti serviti.

A Dicembre 2008 circa l'8% degli apparati MiniDSLAM installati risultavano già saturi e si prevede che la saturazione possa arrivare al 30% nei prossimi 3 anni<sup>1</sup>. Solo un investimento infrastrutturale in fibra ottica potrà consentire a questi territori una copertura del servizio effettivamente a larga banda.

Nella tabella seguente si rappresenta lo stato della copertura ADSL al 31 dicembre 2008 nei 4 livelli di copertura:

- ADSL a 20 Mbit/s
- ADSL a 7 Mbit/s
- ADSL "light" a 640 Kbit/s
- Aree senza alcuna copertura ADSL.

---

<sup>1</sup> la stima è ricavata incrociando i dati del mercato 12 wholesale di TI con le stime di crescita della domanda di Between presentate nella relazione annuale di marzo 2009

Regione	%ADSL2+ (20 Mbps)	%ADSL (7Mbps)	%ADSL Lite (640kbps)	% Digital Divide	Copertura ADSL Totale
<b>Abruzzo</b>	45,8%	40,6%	3,4%	10,2%	89,8%
<b>Basilicata</b>	21,5%	55,8%	14,7%	8,0%	92,0%
<b>Calabria</b>	24,9%	59,4%	11,3%	4,4%	95,6%
<b>Campania</b>	64,9%	29,0%	3,1%	3,0%	97,0%
<b>Emilia Romagna</b>	56,9%	34,4%	4,3%	4,4%	95,6%
<b>Friuli V.G.</b>	47,3%	37,2%	5,3%	10,2%	89,8%
<b>Lazio</b>	76,2%	20,0%	1,0%	2,9%	97,1%
<b>Liguria</b>	70,6%	23,1%	3,6%	2,7%	97,3%
<b>Lombardia</b>	66,8%	27,1%	2,7%	3,4%	96,6%
<b>Marche</b>	46,4%	44,5%	4,4%	4,8%	95,2%
<b>Molise</b>	37,2%	28,8%	8,0%	26,1%	73,9%
<b>Piemonte</b>	57,7%	31,0%	8,7%	2,6%	97,4%
<b>Puglia</b>	60,7%	36,8%	1,6%	0,8%	99,2%
<b>Sardegna</b>	54,2%	36,6%	3,6%	5,6%	94,4%
<b>Sicilia</b>	54,4%	42,1%	1,7%	1,8%	98,2%
<b>Toscana</b>	49,5%	41,0%	4,0%	5,6%	94,4%
<b>Trentino Alto Adige</b>	33,7%	50,9%	7,5%	8,0%	92,0%
<b>Umbria</b>	43,5%	40,9%	5,8%	9,8%	90,2%
<b>Valle D'Aosta</b>	40,2%	54,2%	5,2%	0,5%	99,5%
<b>Veneto</b>	47,7%	39,2%	3,3%	9,8%	90,2%
<b>TOTALI</b>	<b>58,4%</b>	<b>33,5%</b>	<b>3,8%</b>	<b>4,4%</b>	<b>95,6%</b>

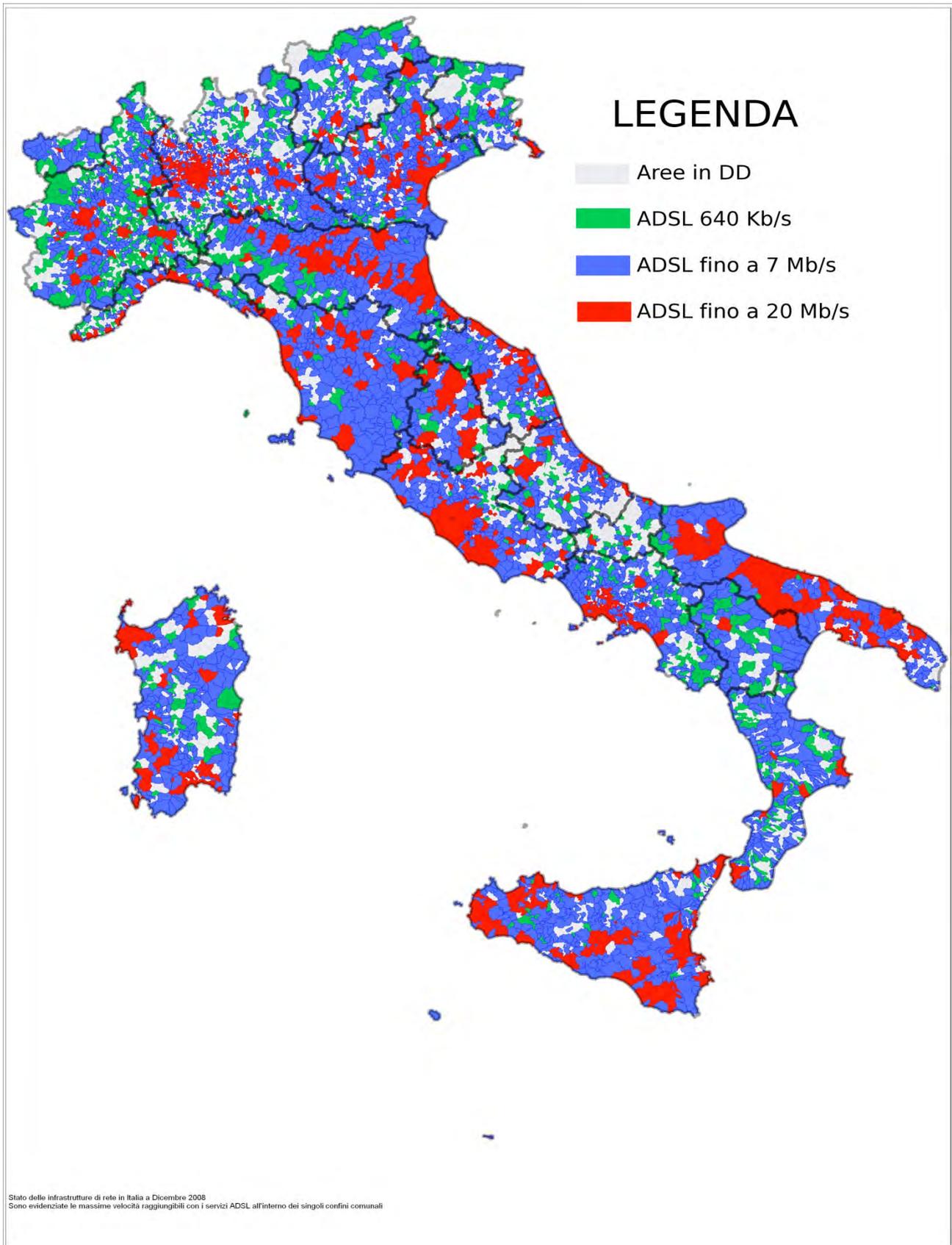
Tabella 2.1: copertura del servizio adsl al 31 dicembre 2008

Occorre evidenziare che la copertura indicata non tiene conto di alcune criticità tipiche di una rete tradizionale in rame quali problemi di lunghezze superiori ai 6 km massimi di funzionamento teorico dei sistemi xDSL, e/o problematiche connesse alla scarsa qualità dei cavi e/o alla presenza di apparati Multiplex nella catena di accesso. Tutti questi fattori possono incidere sulla copertura globale (media su base nazionale) per circa il 6%, ma con una maggiore concentrazione nelle aree rurali possono incidere fino circa al 10%<sup>2</sup>.

L'impiego di altre tecnologie di accesso differenti dalle xDSL quali ad esempio fibra ottica, sistemi Wireless e/o satelliti sono in Italia ancora assai poco diffuse.

Nella figura 2.1 è illustrata graficamente sul territorio la situazione espressa in sintesi nella Tabella. La mappa è elaborata in "positivo", nel senso che i comuni vengono colorati con il massimo della velocità raggiungibile entro i loro confini.

<sup>2</sup> Per la trattazione delle cause del Digital Divide si rimanda all'appendice



*Figura 2.1: Mappa delle massime velocità (espresse in termini di bit rate) raggiungibili sul territorio*

---

Alcuni dati sulla situazione sociale italiana per la larga banda

Nonostante la consapevolezza diffusa sul ruolo dell'innovazione e delle ICT, le infrastrutture e i servizi a banda larga stentano ancora a decollare nel nostro Paese. Come evidenziato nel rapporto Confindustria 2009 tre elementi emergono sopra tutti:

Solo il 47% della popolazione tra 15 e 74 anni accede tramite internet ai servizi disponibili on-line;

Appena il 39% delle famiglie possiede una connessione in banda larga;

Quasi un terzo delle aziende con meno di 10 dipendenti non dispone neppure di un PC.

Esaminando alcuni aspetti nello specifico:

#### A. Connessioni internet a banda larga

Le famiglie italiane con connessione a internet in banda larga hanno superato nel corso del 2009 la soglia dei 10 milioni (comprese le famiglie connesse in mobile broadband). Il tasso di penetrazione della larga banda (% di linee di accesso fisso sul totale della popolazione) ammonta oggi a circa il 20% (contro una media UE 15 del 24,3%<sup>3</sup>)

Nonostante questo dato persiste un digital divide infrastrutturale che coinvolge ancora il 12% della popolazione.

Più significativo è il ritardo infrastrutturale per le connessioni con velocità vicine ai 20 MB, di cui sono privi oltre 22 milioni di italiani.

Il digital divide, tematica che assume in Italia una valenza ancora più significativa a causa del noto divario Nord-Sud, coinvolge anche aspetti socio demografici e culturali (quali età media elevata, nuova immigrazione, bassi redditi, bassa scolarizzazione). In questo senso la bassa alfabetizzazione informatica gioca un ruolo chiave: le famiglie dotate di un PC sono "appena" il 52%.

#### B. L'informatizzazione dei comuni italiani

Tutti i Comuni sono informatizzati, dispongono di accesso a internet (nella maggior parte dei casi con collegamenti a banda larga) e in misura significativa (82%) hanno un sito web.

La digitalizzazione sembra essere principalmente relativa a questioni amministrative, per dialogare in rete con gli enti centrali della PA (Agenzia delle Entrate, Anagrafe, INPS, Camere di Commercio ecc.), mentre i servizi on-line per gli utenti sono ancora poco diffusi.

Il livello di interattività dei Comuni con i cittadini risulta ancora molto basso: l'offerta di servizi on-line è molto spesso limitata ai soli contenuti informativi, come accade per il 59%

<sup>3</sup> Dato tratto dal rapporto Confindustria 2009 su dati Eurostat.

---

dei siti web dei Comuni. Il 37% dei Comuni consente invece di scaricare moduli e solo il 4% mette a disposizione applicazioni veramente interattive, quali l'avvio e/o conclusione di pratiche e pagamenti on-line.

#### C. Le nuove tecnologie nella scuola

Pur presentando una dotazione tecnologica di base di buon livello (internet 98%, banda larga 95%, sito 71% e intranet 67%) le scuole italiane sono ancora indietro nel processo di implementazione dei servizi alle famiglie e agli studenti: il 100% dà informazioni di carattere generale, ma solo il 2% consente pagamenti ed iscrizioni on line. Le tecnologie sono entrate nella scuola, ma più nell'amministrazione che nella didattica. In questo senso ci si attende molto dallo sviluppo dei contenuti scolastici digitali pensati per la rete.

#### D. Le nuove tecnologie nella sanità

Il mondo della sanità mostra livelli elevati di diffusione dell'ICT, più o meno per tutte le principali piattaforme: internet 100%; banda larga 98%, sito 84%, intranet 81%, cellulare 58% e sistemi di videocomunicazione 15%.

Tuttavia le opportunità offerte dalle reti in banda larga sono ancora poco sviluppate, soprattutto nella possibilità di effettuare on-line prenotazioni, pagamenti e ritiro esami.

### *2.1.2 Le iniziative in corso per l'abbattimento del Divario Digitale*

Nel corso degli ultimi anni diverse iniziative sono state avviate in Italia in materia di realizzazione di reti per l'abbattimento del Digital Divide. Gli interventi sono stati in gran parte realizzati dalle stesse regioni o addirittura da enti locali come le Province o le Comunità Montane.

La mancanza di un piano nazionale per la banda larga e di una unica regia di intervento ha fortemente disperso le iniziative autonome in tanti piccoli interventi assai spesso sovrapposti a reti esistenti i cui risultati, in termini di abbattimento del Digital Divide, sono molto limitati.

Solo recentemente il ministero dello sviluppo economico Dipartimento Comunicazioni ha ricondotto alcuni interventi regionali ad unico importante programma di infrastrutturazione in fibra ottica attuato per il tramite della società Infratel Italia con l'ausilio della Fondazione Ugo Bordoni

La società Infratel Italia creata con una convenzione tra il Ministero delle Comunicazioni (oggi Ministero dello Sviluppo Economico) e la società pubblica Sviluppo Italia nel 2004, è una società di scopo che investe nella costruzione di infrastrutture in fibra ottica per il

---

potenziamento del backhauling nelle aree a fallimento di mercato. La rete realizzata viene messa a disposizione degli operatori di telecomunicazioni che offrono quindi i servizi a clienti finali.

La società Infratel Italia ha già investito circa 120 Milioni di euro in aree a fallimento di mercato posizionate nelle 8 regioni italiane ex obiettivo 1 (Abruzzo, Molise, Puglia, Basilicata, Calabria, Campania, Sardegna, Sicilia). Le aree interessate sono di circa 250 comuni in cui risiedono complessivamente 1 Milione di abitanti. Il piano è in corso di completamento ed ha consentito l'abbattimento del Digital Divide infrastrutturale nelle regioni interessate di circa il 30 %.

Il Ministero dello Sviluppo Economico ha di recente avviato un piano di ampliamento dell'intervento in corso anche per le Regioni italiane del centro Nord, fermo restando il completamento del piano in corso nelle Regioni del centro Sud.

Il modello di intervento prevede la realizzazione di tutte le infrastrutture a banda larga necessarie per la fornitura dei servizi xDSL da parte degli operatori. Le infrastrutture realizzate quali connessioni di backhauling in fibra ottica, costruzione di tralicci e realizzazione di portanti in radio a microonde ad alta capacità, saranno realizzate da Infratel in coerenza con quanto già realizzate nelle aree del centro Sud. Le infrastrutture saranno quindi offerte a tutti gli operatori in condizioni eque e non discriminatorie tramite contratti di noleggio a breve e lungo termine (IRU). Infratel limita il suo intervento a colmare il deficit infrastrutturale non accedendo al libero mercato dei consumatori finali.

In Figura si rappresenta il modello di intervento che prevede la infrastrutturazione dei territori oggi penalizzati dal raccordo al Core Network degli operatori.

Sono previsti interventi per il collegamento ottico delle centrali oggi isolate e/o la realizzazione di infrastrutture radio nei piccoli centri rurali con bassissime densità abitative e laddove i cavi in rame non sono sufficienti.

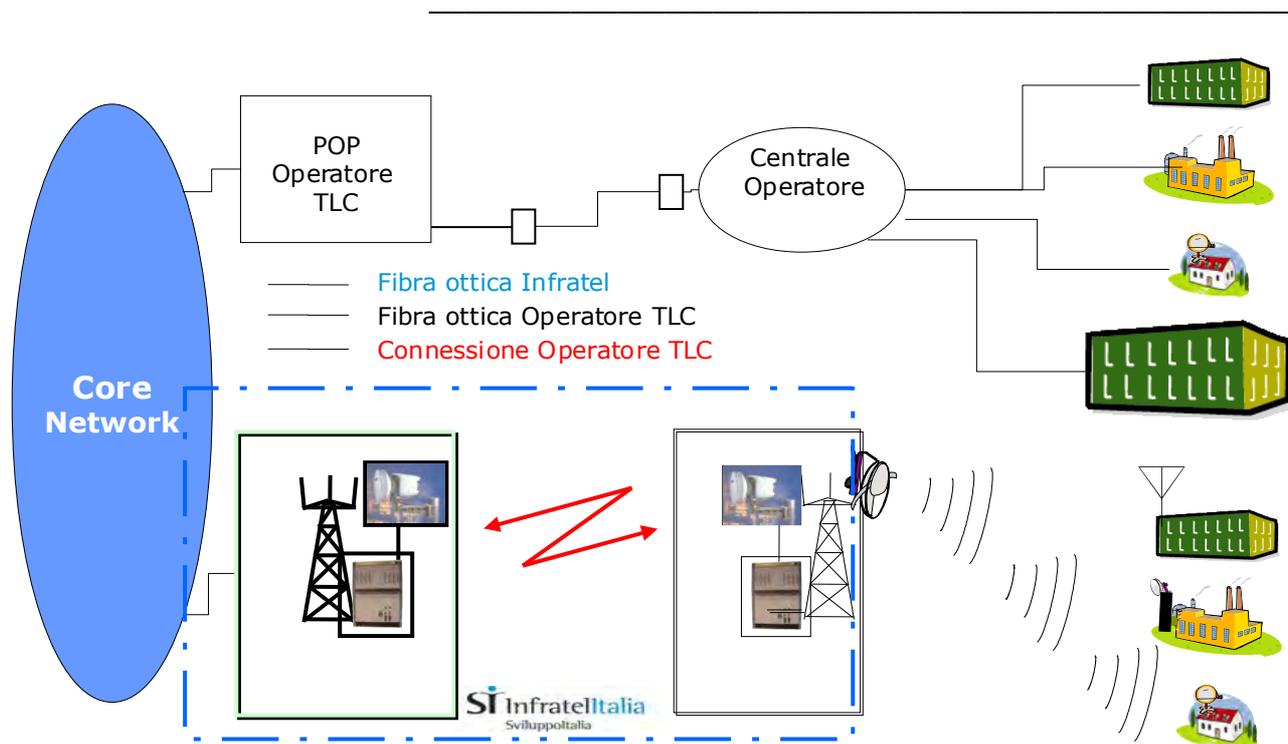


Figura 2.2: Modello di intervento Infratel per l'abbattimento del Divario Digitale

---

### *2.1.3 Proposta di piano per le aree rurali*

Al fine di rendere omogeneo l'intervento sui diversi territori regionali ed allo scopo di procedere con rapidità di intervento e con risultati misurabili fin dalla fase di pianificazione degli interventi stessi, si propone un piano unico coordinato dal Ministero dello Sviluppo Economico con il supporto di FUB ed attuato dalla società in house Infratel Italia.

Il piano per le aree rurali sarebbe in questo caso integrato con le diverse iniziative già avviate o in corso di pianificazione esecutiva del Programma Banda Larga Nazionale con importanti benefici quali:

- rapidità di intervento: la società Infratel ha già pianificato gli interventi nelle aree in Digital Divide in tutte le regioni ed è in grado di avviare progettazioni esecutive e avvio dei bandi di gara nell'arco di 3 mesi;
- riduzione dei costi di intervento: l'economia di scala derivante da un unico piano comporta un'importante riduzione degli stessi costi di intervento e dei costi di gestione dello stesso evitando oneri di startup del progetto che se attivato su base regionale comporterebbe 21 costi gestionali diversi
- abbattimento dell'Iva: l'utilizzo di una società già costituita come Infratel come soggetto attuatore consente inoltre di utilizzare il 100% dei fondi allocati evitando costi di IVA che rimangono a carico della società
- attrazione di investimenti privati: la gestione unitaria del progetto consente una maggiore capacità di attrazione degli investimenti degli operatori privati
- ampliamento ai servizi regionali: la rete costruita è in parte offerta agli operatori che intendono offrire il servizio ai cittadini e alle imprese ed inoltre può essere utilizzata per alcuni servizi per l'agricoltura governati dalle stesse regioni, quali ad esempio: servizi di sorveglianza incendi, servizi di emergenza e protezione civile, servizi a supporto delle politiche agricole dirette.

Il presente piano ha quindi lo scopo di ampliare l'intervento già programmato in alcune aree del Paese in modo da poter garantire entro il 2011 una copertura completa del servizio a banda larga anche nelle aree rurali più svantaggiate del territorio nazionale.

---

#### *2.1.4 Verso un Piano Nazionale Larga Banda.*

Nel paragrafo 2.1.2 abbiamo visto gli interventi in corso per la connessione di alcune centrali alla dorsale. Vediamo ora le attività che sono state svolte per arrivare ad una stima dei costi per portare a tutti una banda superiore ai 7 Mb/s per almeno il 95% della popolazione.

A partire dal giorno 11 maggio 2009 fino al 26 maggio 2009 sono state incontrate, presso il Ministero Dello Sviluppo Economico – Dipartimento Comunicazioni (sede EUR), tutte le amministrazioni regionali italiane e le amministrazioni delle province autonome di Trento e Bolzano.

Agli incontri hanno partecipato due membri di Infratel, tre della Fondazione Ugo Bordoni, ed i rappresentanti dei dipartimenti dell'innovazione e dell'agricoltura delle singole Regioni.

Oggetto delle riunioni è stato l'illustrazione del Piano Nazionale di Sviluppo della Banda Larga, invitando le singole regione a partecipare a questo piano con i fondi messi loro a disposizione dalla Comunità Europea.

Gli incontri hanno costituito la prosecuzione della discussione avviata in data 22 aprile 2009, in occasione della quale il Dipartimento delle Comunicazioni del MISE, congiuntamente al Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali (MIPAAF), hanno convocato in plenaria i rappresentanti del settore innovazione tecnologica e di quello delle politiche agricole di tutte le Regioni, per discutere la modalità di applicazione delle misure di stimolo all'economia contenute nello European Economic Recovery Plan di dicembre 2008.

Il piano europeo, infatti, considerando prioritario lo sviluppo di Internet veloce per la ripresa economica della Comunità, mette a disposizione di tutti gli Stati membri dei fondi per la realizzazione di infrastrutture di rete a banda larga nelle aree rurali attualmente in situazione di digital divide.

Tali fondi, aggiunti ad ulteriori risorse nazionali e comunitarie consentirebbero il finanziamento del Piano Nazionale di Sviluppo della Banda Larga, proposto dal MISE con l'obiettivo di rendere disponibile, entro il 2012, l'accesso a servizi di rete di nuova generazione per il 95% della popolazione italiana, attraverso connessioni ADSL fino a 20 Mbit/s.

Tali fondi sono così ripartiti:

- 800 Milioni di euro di fondi FAS: "Disposizioni per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività nonché in materia di processo civile" approvato in senato il 26 maggio 2009
- 200 Milioni di euro di risorse Infratel disponibili, e in parte già investite in opere in corso di realizzazione

- 
- 188 Milioni di euro (94+94) provenienti dalla CE e dal MIPAAF destinati alle aree rurali e riparti alle singole regioni

Nel piano è contemplato lo strumento della finanza di progetto per gli 800 Milioni dei fondi banda larga, ma le modalità di cofinanziamento con i privati sono ancora oggetto di studio.

Sarà quindi necessario un piano per la gestione dei fondi in finanza di progetto, individuando le strategie per incentivare l'aggiornamento dei DSLAM nelle centrali con vecchi apparati e l'ampliamento delle centrali sature. Sarà inoltre compito della Fondazione Bordoni individuare le tecnologie con le quali operare la copertura dei servizi nelle aree in cui non è oggettivamente conveniente posare fibra ottica a fronte dell'ottenimento dei medesimi risultati in termine di velocità di connessione, tramite tecnologie equivalenti e meno costose.

Queste cifre costituiscono la base per il Piano Nazionale di Sviluppo della Banda Larga, noto anche come Piano Romani. Tale piano ha lo scopo di valorizzare tutte le risorse già disponibili e future in un progetto unico e razionale; sono stati pertanto individuati i fabbisogni delle singole regioni, sia per rilegare le centrali ancora non provviste di fibra ottica (passaggio obbligato per l'abbattimento del digital divide) sia per convertire gli apparati di centrale per la fornitura di servizi ADSL2+, necessari per l'erogazione dei 20 Mbit/s.

Circa l'integrazione nel Piano dei fondi europei per le aree rurali, la procedura di attuazione ha previsto una notifica alla CE, da parte della Regioni, sulla modalità di intervento nelle aree C e D (includendo la demarcazione dei comuni delle aree rurali oggetto delle opere di infrastrutturazione a banda larga nell'ambito della Misura 321), inviata entro il 15/07/2009 per consentire l'approvazione dei progetti entro il 31/12/2009.

Dei singoli incontri sono allegati alla presente relazione tutti i verbali, nonché il materiale preparato da FUB ed Infratel per l'illustrazione del piano generale.

---

## 2.2 Stime di costi per la messa in campo della Next Generation Access Network

Le NGN porteranno ad un profondo cambiamento della rete per come la vediamo oggi e ad una autentica rivoluzione per le metodologie riguardanti la diffusione dei servizi televisivi. Oggi in Italia abbiamo circa 10000 centrali, con le nuove reti ce ne saranno solo 1000, e forse poi anche 10. Il collegamento punto-punto che va dalla centrale fino all'utente sarà gradualmente sostituito da un anello ottico. Le centrali in rame nascevano con lo scopo di essere al centro (da cui centrale) di tutti gli utenti attestati; questa procedura, tipica per le reti a stella, serviva a minimizzare la distanza tra gli utenti distribuiti sul territorio ed il punto di raccolta del traffico. Le reti in fibra ottica, si basano invece sulle configurazioni ad anello, ed il concetto di "centrale" si distribuisce su tutti i nodi di interscambio degli anelli: in una rete sviluppata secondo questa architettura viene meno la necessità dei vecchi Stadi di Linea.

Il confine tra il Backbone ( T-Bone<sup>4</sup> di Telecom Italia), rete metropolitana e rete accesso sarà sempre meno marcato. Gli scenari fissi e mobili si integreranno in una sola grande rete. Obiettivo di questa attività è stato quello di fare delle ipotesi nel ventaglio di soluzioni possibili per un dispiegamento delle NGAN che tenga conto dell'impatto economico e delle possibilità, in termini di concorrenza sul mercato, offerte dalle varie tecnologie.

Proprio nella scorsa relazione di questo progetto (anno 2008) venivano riportati gli studi fatti sulle limitazioni delle reti in rame e quindi in questo anno ci siamo concentrati sugli studi per il passaggio alla fibra ottica.

### 2.2.1 Architetture FTTx

Il dibattito sulle metodologie per la Next Generation Access Network (NGAN), anche nota come NGN2, è ancora aperto; se da un lato Telecom Italia fa una scelta precisa, FTTH con GPON (solo fibra) e FTTB/Curb con GPON e VDSL2 (fibra + rame), dall'altro gli OLO (Other Licenced Operators) lamentano la scarsa propensione all'unbundling delle reti ottiche passive ed il timore di un potenziale rafforzamento della posizione dominante dell'ex monopolista.

Partendo dall'assunto ragionevole, che gli elevati costi per gli investimenti infrastrutturali non consentono a nessuno degli operatori alternativi di rete fissa presenti sul mercato italiano di approntare autonomamente una rete d'accesso, tutte le considerazioni che seguiranno si

---

<sup>4</sup> T-Bone è il modo in cui viene indicata l'ossatura (...da cui il gioco di parole dall'inglese Bone) a T della rete di trasporto nazionale. La rete unisce in orizzontale Torino e Trieste passando per Milano, ed in verticale Milano e Palermo passando per Roma.

---

basano su ipotesi che tengono conto dell'istallato, e quindi prevedono una sostituzione graduale delle tratte in rame a favore di nuovi segmenti in fibra ottica per la rete di accesso.

Messa la rete a fattor comune tra i vari operatori, e quindi considerata da tutti la necessità di una graduale sostituzione del rame esistente con la fibra, il dibattito si sposta sulla posizione più prossima all'utente dove è opportuno terminare le tratte in fibra (FTTx) e sulle tecnologie da impiegare agli estremi della fibra istallata.

Con il termine FTTx si indicano le varie posizioni dove è possibile terminare la fibra ottica.

Con il termine FTTE (Fiber To The Exchange) si indica la situazione di partenza per le NGN, e cioè fibra ottica fino alla centrale (Exchange) e rame fino a casa degli utenti. Questa situazione consente l'erogazione dei servizi in banda larga con le ben note tecnologie ADSL e ADSL2+.

Con il termine FTTC (Fibre to the Cabinet) si intende una connessione in fibra ottica fino all'armadio stradale ripartilinea. Questi armadi nella rete in rame hanno il compito di ripartire i cavi che affasciano i doppini provenienti dalla centrale fino agli utenti finali, ripartiscono le linee da cui il nome di "ripartilinea", e distano mediamente 1,5 Km dalla centrale. Portare la fibra a questi armadi riduce la tratta in rame fino alle case a circa 300 m; in questa condizione è possibile implementare delle soluzioni VDSL2+ e fornire banda larga con velocità in download comprese tra i 25-50 Mbit/s. L'architettura FTTC, non del tutto matura ma in forte progresso, prevede la collocazione nei pressi dell'armadio stradale di un apparato attivo, il DSLAM, che deve essere alimentato ed è di dimensioni non trascurabili. Telecom Italia ha già avviato a Torino una fase di sperimentazione basata proprio su questa tecnica.

Con il termine FTTCurb (Fiber to the Curb) e FTTB (Fiber to the Building) si indica la terminazione della fibra ottica molto vicino a casa dell'utente, che sia il marciapiede (Curb) o il palazzo (Building). Una soluzione del genere estende la fibra ottica fin dentro la vecchia rete secondaria di accesso in rame, giungendo ad una distanza dalle case non superiore ai 150 metri. Tale distanza, tramite l'utilizzo di apparati VDSL2, di raggiungere velocità di connessione comprese tra i 50-100 Mbit/s. La possibilità di posizionare gli apparati DSLAM VDSL2+ direttamente nei sottoscala degli edifici risolve l'annoso problema della collocazione stradale, mettendoli in sicurezza e mitigando il problema delle dimensioni. Telecom Italia sta sperimentando questa tecnica a Milano e Roma.

Con FTTH (Fiber To The Home) si indica l'architettura che vede gli utenti residenziali direttamente raggiunti dalla fibra ottica. Tale condizione pone teoricamente gli utenti di avere banda larga di capacità illimitata. In questa architettura il solo oggetto del dibattito riguarda la

scelta di reti ottiche passive (PON, Passive Optical Network) o di reti attive (AON, Active Optical Network).

In Figura è riportato uno schema (fonte Telecom Italia) delle varie architettura FTTx: come si evince dalla figura Telecom Italia considera come più conveniente l'architettura FTTB.

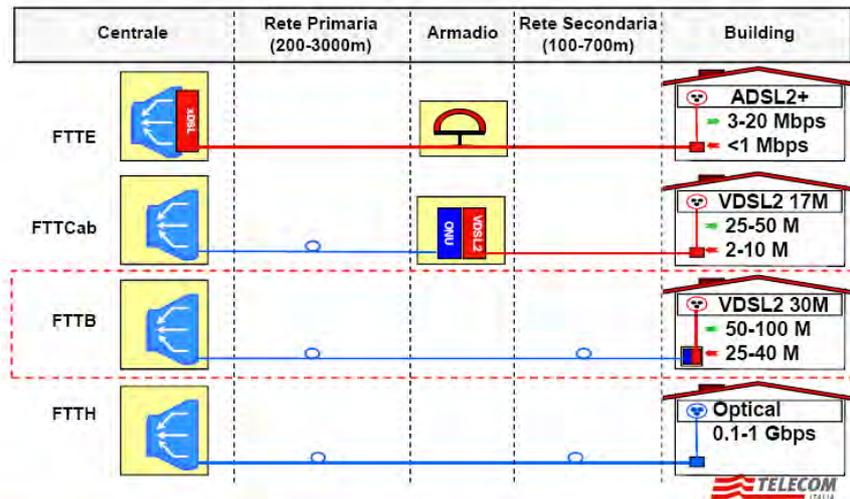
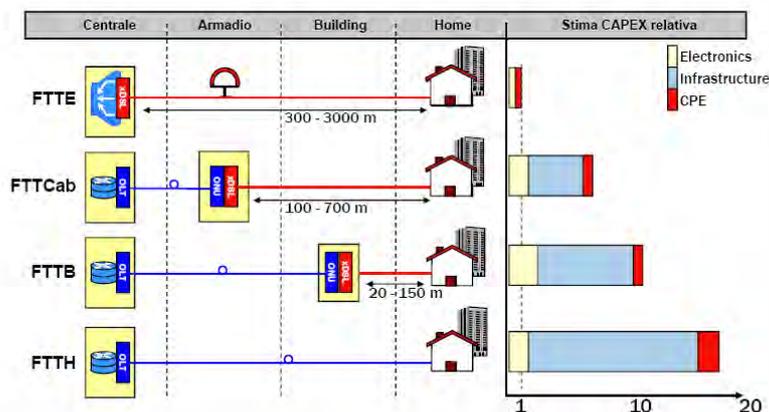


Figura 2.3 Architetture per reti di accesso NGN2-Fonte Telecom Italia

Le architetture possono differire per il rapporto costi benefici che producono, ma anche la scelta delle tecnologia ai capi della fibra può essere diversa: in particolare la differenza è nella scelta di introdurre o meno elementi attivi nella rete ottica. Pur considerando tecnologie differenti, attive o passive che siano, il grosso delle risorse va per le infrastrutture, indipendentemente dall'architettura. La scelta di una architettura PON o P2P impatta relativamente sui costi complessivi ed è un problema di ordine secondario per ciò che riguarda il da farsi nel breve, ma estremamente importante dal punto di vista regolatorio; anche Caio nel suo rapporto sottolinea che la scelta del “come” è prematura ed è importante concentrarsi sul “quando” cominciare a scavare. Nella figura che segue (fonte Telecom Italia) è riportata una stima dei CAPEX funzione delle varie architetture FTTx.



---

*Figura 2.4: Investimenti per il deployment della fibra in accesso (fonte Telecom Italia)*

Dalla figura si evidenzia come l'impatto maggiore sui costi sia dato dall'infrastruttura e non dall'elettronica. Di seguito una stima di massima del costo di cablatura in fibra ottica dei cabinet del territorio nazionale

### ***2.2.2 Costi della cablatura in fibra fino al Cabinet***

Come accennato in precedenza, l'architettura FTTC che prevede cablatura in fibra ottica non ha ancora raggiunto il suo completo grado di maturità, ma costituisce il primo step dalla centrale verso l'utente per la stesura della fibra. Tra i motivi che disincentivano questa architettura vi è sicuramente quello dello spazio e del consumo energetico; mettere dei DSLAM in strada infatti, richiede che gli apparati siano di dimensioni contenute e ben protetti, inoltre, trattandosi di apparati attivi (diversamente dai Cabinet) vi è la necessità di attestare una linea elettrica. Un'altra motivazione che spinge gli operatori ad orientarsi verso tecnologie differenti è dovuta alla difficoltà con cui la FTTC si presta all'unbundling. Nell'unbundling infatti l'operazione che fanno gli OLO è quella di prendere il doppino dell'utente, sganciarlo dal permutare dell'incumbent cui è attestato ed allacciarlo sul proprio, nell'architettura FTTC questa operazione va fatta presso il Cabinet (cioè in strada) e questo implica che gli OLO dovranno predisporre propri apparati stradali nei pressi dell'armadio. Una operazione del genere risulta complicata, perché in un certo senso si tratterebbe di costruire una centrale nei pressi del Cabinet dove gli spazi sono pochi: si pensi ad esempio a collocare 4 apparati di 4 operatori diversi in un angolo di strada di una delle nostre città. Le soluzioni FTTC per contro si prestano bene al bitstream.

Fatte le dovute considerazioni e trascurando i discorsi regolatori, nel seguito si illustra la stima dei costi per la cablatura in fibra di tutti i Cabinet del territorio nazionale; nella figura che segue (fonte Telecom Italia) è illustrato come si presenta la rete in rame .

## La rete accesso in rame oggi

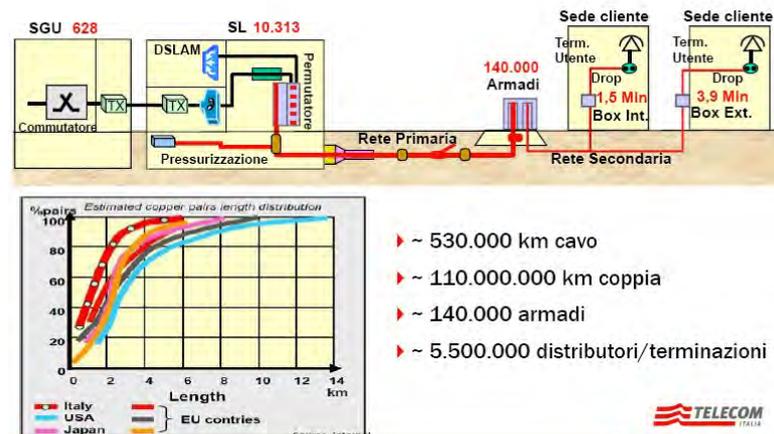


Figura 2.5: La rete di accesso in rame in Italia

Per comodità si riportano le distanze medie che intercorrono tra l'utente residenziale e la centrale di commutazione considerando i diramatori presenti nel percorso.

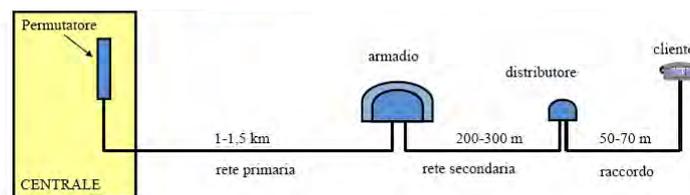


Figura 2.6: Distanze medie della rete italiana di accesso in rame

Unendo i dati che provengono dall'incumbent con l'esperienza di Infratel, è possibile dare una stima di massima dei costi del rilegamento in fibra ottica di tutti gli armadi ripartilinea del territorio nazionale.

In Italia sono presenti 140.000 armadi, circa 13 per ogni centrale.

Il costo della fibra è di 70K€/km, cablare ogni armadio in fibra costa:

$$70000 \times 1,25 = 87500 \text{ (€)}$$

Per cablare tutti i 140000 armadi la spesa diventa:

$$87500 \times 140000 = 12,25 \times 10^9 \text{ (€)}$$

Siamo in presenza di una spesa di circa 12 Miliardi di euro

Usando tecniche di scavo meno invasive quali la minitrincea, la microtrincea o il no dig, è possibile stimare un risparmio complessivo del 30 % (stima calcolata sullo storico Infratel):

$$(12,25 \times 10^9) \cdot 0,7 = 8,5 \times 10^9 \text{ (€)}$$

Agli 8,5 Miliardi di euro dello scavo vanno poi aggiunti i costi degli apparati che dipendono dalle tecnologie (PON, MetroEthernet, P2P).

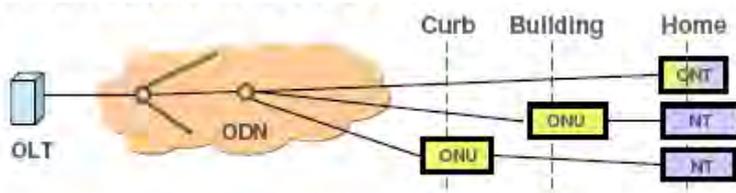
### 2.2.3 Point to Point vs PON

---

Messa in campo l'architettura FTTC oppure FTTCurb/B diviene preponderante scegliere l'architettura per collegare l'utente, infatti, sia che l'utente venga raggiunto in rame, sia che venga raggiunto direttamente in fibra è opportuno scegliere se il collegamento debba essere attivo o passivo.

Le AON (Active Optical Network), dette anche Point-to-Point (P2P), sono tratte di fibra con trasmissione punto-punto, su ogni tratta è previsto l'uso di apparati attivi (passaggio a elettronico) e topologie stellari (tecnologia Ethernet evoluta). Il loro utilizzo prevede una fibra per ogni utente connesso ed ha una scalabilità molto elevata. La capacità di banda è teoricamente illimitata ed i costi dell'elettronica elevati, ma trascurabili rispetto ai costi dell'infrastruttura. L'AON richiede inoltre un alto consumo energetico.

Le PON (Passive Optical Network) fanno ricorso alla diramazione passiva (branching) delle fibre con splitter ottici e topologie ad albero (esistono diverse alternative). Nelle architetture FTTx, le Passive Optical Networks risultano essere le più semplici e le più economiche da implementare. Esistono differenti versioni di reti ottiche passive: attualmente le Ethernet PON (EPON) sono principalmente impiegate in Asia, in particolare nel sud-est asiatico, mentre le Gigabit PON (GPON) sono implementate in Europa e Nord America. Uno dei limiti principali delle PON, nonostante l'elevato bit-rate delle attuali versioni (tra 1 e 2.5 Gbit/s), è rappresentato dalla condivisione della capacità tra tutti gli utenti, che limita così l'effettiva banda disponibile. Inoltre tali reti non permettono l'unbundling fisico, se non ricorrendo ad un approccio WDM, e ciò pone dei chiari limiti alla libera competizione tra gli operatori.



*Figura 2.7: Architettura di una rete PON*

In generale le reti di accesso PON sono caratterizzate dall'assenza di apparati attivi al di fuori delle sedi dove sono collocate le OLT (Optical Line Termination) e le ONT-ONU (Optical Network Termination-Optical Network Unit). La OLT rappresenta la terminazione della linea ottica lato rete e tipicamente si trova in un punto di raccolta, quale ad esempio la centrale, e funge da interfaccia condivisa tra tutti gli utenti connessi e la rete core. La ONU/ONT è la terminazione di rete ottica cui è attestato l'utente, rispettivamente in configurazione FTTC/FTTB-C/FTTH e contiene informazioni xDSL, fast Ethernet e telefoniche. Le PON sono in grado di

coprire tratte fino a 20 Km, ciò favorisce la collocazione delle OLT anche negli SGU (Stadi di Gruppo Urbano) e non solo nelle centrali.

Di seguito una tabella in cui vengono messe a confronto le due differenti versioni di PON: la EPON e la GPON. Telecom Italia, nelle sue sperimentazioni FTTH a Milano, ha scelto le GPON.

Tipologia	Standard	Downstream/ Upstream Bandwidth	# ONU servite	Framing/ Protocol	Distanza
EPON (Ethernet PON)	IEEE 802.3ah	Symmetric 1.25 Gbit/s	Up to 16	Ethernet	10/20 km
GPON (Gigabit PON)	ITU-T G.984	1.2 or 2.5 Gbit/s down 155, 622, 1.2 Gbit/s up	Up to 64 (Up to 128)	GEM: G-PON Encapsulation Method (supports Ethernet), ATM	10/20 km (up to 60 km)

In sintesi non c'è una prevalenza assoluta di una filosofia (AON vs PON) rispetto all'altra: sono gli elementi al contorno (es. presenza di impianti, densità della popolazione, livello di concentrazione della popolazione negli edifici e nei centri abitativi e le strategie di business (servizi, profilo finanziario, posizione di mercato – es. Incumbent vs OLO vs municipalità, ...) a concorrere in modo determinante alla scelta.

Nel seguito si ripartano messe a confronto in forma tabellare le principali caratteristiche (pro e contro) delle rete PON e delle reti AON.

Passive Optical Network	Active Optical Network
<b>VANTAGGI</b>	
Impianto passivo: OPEX minori (meno guasti)	Banda Upstream maggiore
Infrastruttura condivisa: CAPEX minore	Banda dedicata
Allocazione dinamica della banda	Distanze maggiori
	Apparati commerciali (costi minori)
<b>SVANTAGGI</b>	
Costi del CPE (Customer Premises Equipment) maggiore: no Ethernet-scale	Scalabilità più costosa (aggiunta porte/apparati e portanti)
Problemi di power budget ottico (derivazioni)	Componenti attivi negli impianti esterni (alimentazione tassi di guasto): OPEX maggiori
Difficoltà di unbundling	Equipaggiamento dedicato (CAPEX maggiori)
Possibilità di intercettazioni e Jamming (attacchi volontari di interferenza)	
Problemi di interlavoro	

---

### ***2.2.3 Costi degli apparati e scelta tecnologica in un'architettura FTTC***

Nel paragrafo precedente si è stimato il costo della cablatura in fibra ottica di tutti i Cabinet del territorio, e tenendo conto di una stima cautelativa, il totale degli investimenti ammonta a circa 10 miliardi di euro. A queste risorse va aggiunto il costo del CPE e quindi va fatta un'ipotesi sulla tecnologia da impiegare. Se ci limitassimo a considerare le sole soluzioni GPON a due interfacce con fattore di splitting 128 con ultimi 100 metri in VDSL2 avremmo una spesa di circa 25000 euro ogni 256 utenti, cui andrebbero aggiunti i costi del consumo energetico. In questa ipotesi (l'utente per noi è il doppino) l'ammontare della spesa sarebbe pari:

$$\frac{25364840}{256} \times 25000 \cong 2,5 \times 10^9 (\text{€})$$

Ai 10 Miliardi di euro da investire in infrastrutture vanno aggiunti 2,5 Miliardi di euro da investire in apparati.

### ***2.2.4 La nostra proposta per una NGN in Italia***

I dati riportati nel capitolo 2.1 evidenziano, in modo inequivocabile, la necessità di realizzare un Progetto Paese sistemico, che coinvolga domanda e offerta, indirizzato a superare, progressivamente ma con tempi definiti, il ritardo digitale di tutte le componenti della società civile. Vediamo quindi in questo capitolo la nostra proposta per una rete NGN in Italia e i relativi investimenti necessari.

### ***2.2.5 Stime di costi per la messa in campo della Next Generation Access Network***

Per NGN si intendono accessi con capacità superiori ai 20 Mb/s e quindi condizione necessaria è portare la fibra a tutte le centrali telefoniche, completando quindi l'infrastrutturazione a banda larga della sezione di backhaul della rete telefonica tradizionale. A ciò, ovviamente, dovrà seguire un massiccio intervento anche nella sezione di accesso della rete, evitando così la formazione di colli di bottiglia che vanifichino gli sforzi fatti e consentano un facile upgrade verso le future architetture di rete introdotte attraverso la Next Generation Access Network (NGAN).

Ciò deriva dal Piano Romani, considerato come necessario e preliminare. Tale piano permette a tutti 2 Mb/s e 20 Mb/s a gran parte della popolazione. Il passo successivo proposto da noi intende introdurre la fibra ottica nelle aree densamente abitate al posto del doppino in rame che sarebbe fonte di forti limitazioni a causa delle interferenze. Il nostro pensiero è quindi un

---

investimento non tanto per fornire servizi a bande elevatissime (>50 Mb/s), ma consentire i 20 Mb/s nelle aree dove ci sarebbe più richiesta e soprattutto non creare un nuovo digital divide nelle aree densamente abitate. Questo approccio sarà inoltre fondamentale per bonificare le tante situazioni in cui, per ragioni legate alla vecchia rete in rame, oggi non è neanche possibile portare l'ADSL in alcune aree delle città. Come vedremo la nostra proposta è indirizzata alla architettura Fiber to the Building (FTTB), che abiliterà automaticamente infrastrutture del tipo Fiber to the base station (FTTBS) per l'erogazione della banda larga mobile.

### ***2.2.6 Il punto di partenza: il Piano Romani***

Partiamo quindi dal Piano Romani e vediamo come questo Piano risulta fondamentale per passare alla NGN.

Conessioni centrali: la spesa prevista ammonta a 564 M€ per portare la fibra in 2900 centrali che ne sono sprovviste e per connettere con ponti radio ad alta capacità ulteriori 1000 centrali che presentano una capacità inferiore alle 300 linee equivalenti.

Bonifica rete di accesso: i 747 M€ riguardano l'eliminazione di apparati intermedi quali i MUX e gli UCR e interventi per portare il mobile broadband.

Aggiornamento delle centrali con ADSL2+ (161 M€).

In totale 1472 M€ che dovrebbero garantire a tutti i 2 Mb/s e 20 Mb/s al 98% della popolazione.

Analizzata dal punto di vista di un investimento inferiore e come un primo avvicinamento della fibra all'utente l'architettura FTTCab, che prevede cablatura in fibra ottica fino all'armadio riparti-linea, sembrerebbe la soluzione più idonea; tuttavia questa soluzione ha parecchie controindicazioni. Tra i motivi che disincentivano questa architettura vi è sicuramente quello dello spazio e del consumo energetico; mettere dei DSLAM in strada infatti, richiede che gli apparati siano di dimensioni contenute e ben protetti, inoltre, trattandosi di apparati attivi (diversamente dai Cabinet) vi è la necessità di attestare una linea elettrica. Un'altra motivazione che spinge gli operatori ad orientarsi verso tecnologie differenti è dovuta alla difficoltà con cui la FTTCab si presta all'unbundling. Nell'unbundling infatti l'operazione che fanno gli OLO è quella di prendere il doppino dell'utente, sganciarlo dal permutatore dell'incumbent cui è attestato ed allacciarlo sul proprio DSLAM, nell'architettura FTTCab questa operazione va fatta presso il Cabinet (cioè in strada) e questo implica che gli OLO dovranno predisporre propri apparati stradali nei pressi dell'armadio. Una operazione del genere risulta complicata, perché in un certo senso si tratterebbe di costruire una centrale

---

nei pressi del Cabinet dove gli spazi sono pochi: si pensi ad esempio a posizionare 4 apparati di 4 operatori diversi in un angolo di strada di una delle nostre città.

E' chiaro che tutte le soluzioni FTTx in cui vi è condivisione di banda, come nel caso delle PON, non piacciono agli OLO per la impossibilità di un unbundling fisico.

Tuttavia noi incoraggiamo gli operatori alternativi a condividere questi investimenti per diverse ragioni:

- Tranne specifici casi in cui l'utenza richiede una banda da giustificare una fibra a casa, l'uso di reti PON è fondamentale in termini di costo e di apparati in centrale.
- Considerando che l'infrastruttura dovrebbe essere unica, all'OLO può essere garantito un unbundling logico con caratteristiche molto simili a quelle di uno fisico ricorrendo a tecniche di bitstream molto affidabili, come dimostrato sperimentalmente dalla FUB tramite la tecnica VPLS/VLAN Tagging<sup>5</sup>, .
- Oggi le centrali sono principalmente localizzate negli stadi di Linea (SL). Con il passaggio alle infrastrutture FTTx l'attestazione delle fibre potrebbe raggiungere gli SGU o altri punti di aggregazione (basta che la distanza sia più corta dei 20 km), comunque più vicini alla rete degli OLO.
- Nel tratto dalla centrale al Cabinet si possono infilare i cavi in fibra ottica nelle locazioni per i cavi in rame, anche se lo spazio è poco e quindi non compatibile con architetture P2P.
- I problemi di unbundling fisico saranno risolti quando saranno disponibili sistemi WDM a basso costo e ciò dovrebbe avvenire nel giro di qualche anno.

Da queste considerazioni, unendo i dati che provengono dall'incumbent e con l'esperienza di Infratel, è possibile dare una stima di massima dei costi del rilegamento in fibra ottica di tutti gli armadi ripartilinea del territorio nazionale. Nel seguito si illustra quindi la stima dei costi per la cablatura in fibra fino al building.

Prendendo in considerazione le stime fatte dal Dott. Caio si possono avere le prime considerazioni sulla realizzazione di queste infrastrutture. In particolare dal rapporto Caio si rileva che per ogni utenza connessa in fibra sarebbero necessari mediamente almeno 1000 Euro in aree urbane e 2000 Euro in aree suburbane. Il che porterebbe alla necessità di investimenti di decine di miliardi di Euro per portare la fibra a tutti. E questo è impossibile.

Supponiamo di connettere 10 milioni di utenti in FTTB, il che significa collegare innanzitutto in fibra circa 50 000 armadi con circa 800 centrali.

---

<sup>5</sup> A. Valenti et al, Electronics Letters luglio 2009.

---

Dal cap. 2.2.2 si trova che per cablare tutti i 50000 armadi la spesa necessaria è di 2.5 miliardi di Euro.

Per passare al FTTB occorre fare l'ultimo tratto in fibra con soluzioni P2P e PON.

Ad ogni armadio afferiscono circa 40 distributori per cui, considerando una distanza media di 250 m tra armadio e distributore, abbiamo i seguenti costi relativi alla soluzione FTTB: supponendo una maggiore condivisione degli scavi e condivisione dei cunicoli<sup>6</sup> il costo complessivo di apparati per questo segmento si aggira intorno ai 12.5 miliardi di euro. L'investimento complessivo per questa NGN è quindi di 15 miliardi di Euro.

Nei centri densamente urbanizzati, con edifici con più di 60 utenze, conviene orientarsi direttamente su una soluzione P2P, cioè su tratte di fibra con trasmissione punto-punto per ogni utente, realizzata attraverso l'uso di apparati attivi (necessità di alimentazione). Ciò consente una scalabilità molto elevata ed una capacità di banda teoricamente illimitata, a fronte di costi dell'elettronica elevati, ma trascurabili rispetto ai costi dell'infrastruttura.

E' da precisare che la rete FTTB è ben compatibile con accessi WIMAX e HSPA per portare la larga banda mobile, inserendo le connessioni delle base station sugli edifici. Per collegare anche i radiomobili a 100 megabit, passando dall'attuale standard 3G al 4G, bisogna ridurre da un chilometro a 300 metri il raggio operativo delle base stations. In altre parole, bisognerebbe, per esempio, moltiplicare più o meno per 7 le 15 mila celle elettromagnetiche della rete Tim.

---

<sup>6</sup> Infratel ha mostrato che con le condivisioni di cunicoli si riesce a risparmiare fino al 70% dei costi di scavo.

---

### **3 Sperimentazioni su architetture innovative per l'offerta della TV su IP.**

Anche nel 2009 sono stati fatti studi basati su sperimentazioni effettuate sul test bed di rete dell'ISCTI. La descrizione completa del test bed può essere trovata nella relazione dello scorso anno.

#### **3.1 Sperimentazioni sulla rete di contribuzione realizzata sia in ambiente di rete controllata da operatore (managed) che "aperta".**

Un aspetto importante delle future reti TV, è che il trasporto del segnale tra le sedi di un operatore TV (rete di contribuzione) utilizzerà sempre più la rete IP. In questo scenario l'operatore TV avrà a disposizione due metodologie: o utilizzare la rete "aperta" e cioè senza richiedere tecniche che gestiscono la QoS, o richiedere tecniche per la gestione della QoS come ad esempio richiedere particolari classi di servizio. E' chiaro che l'operatore per la rete di contribuzione dovrà richiedere una elevatissima QoS, che nel caso di rete managed può essere sicuramente garantita, mentre nel caso Open la garanzia potrebbe essere ottenuta solo con opportune tecniche di correzione degli errori (FEC). In questo capitolo effettuiamo un confronto sperimentale tra queste due metodologie utilizzando la rete ISCTI e degli apparati FEC che furono portati nei laboratori ISCTI dalla RAI.

Descrizione del Test Bed completo

Sono stati eseguiti diversi test utilizzando come rete campione quella presente al Ministero dello Sviluppo Economico dipartimento Comunicazioni.

Rete costituita da diverse sezioni comprendenti:

- ACCESSO, sia rame xDSL che fibra FTTH;
- EDGE, 3 routers Cisco 3845;
- CORE, 4 routers Juniper M10i.

Sezione core e edge sono interconnesse tramite collegamenti GbE in fibra, con distanze tra gli elementi di core superiori anche ai 300 Km mediante amplificazione ottica intermedia.

Di ausilio alla sperimentazione l'utilizzo di diversi macchinari per la generazione di traffico sintetico, sia per simulare i vari tipi di flussi video, sia per creare congestionamento dei link tramite traffico best effort.

In Particolare:

- Spirent SmartBit 6000
- Anritsu MD1230B (utilizzato anche come sniffer in aggiunta al software WireShark)

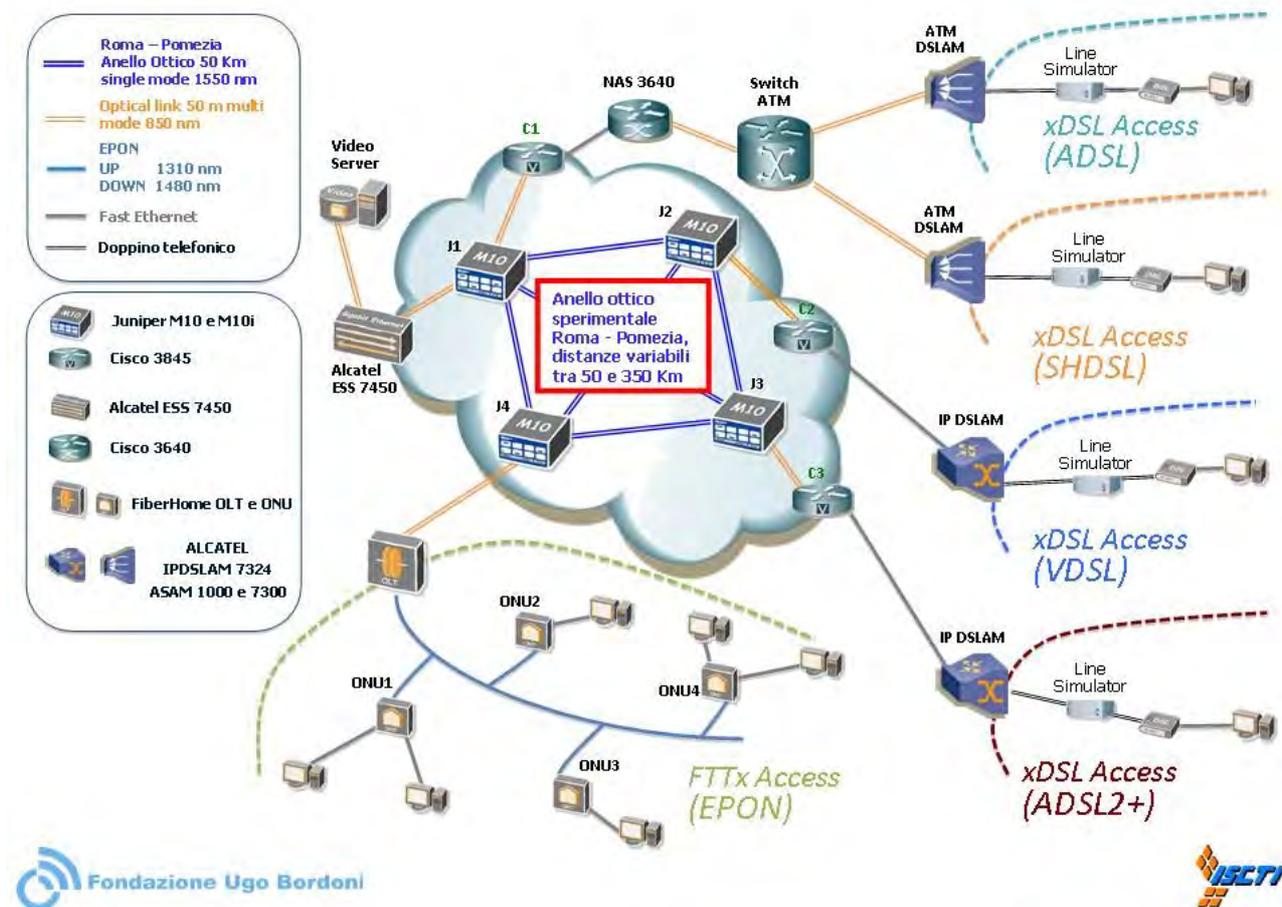


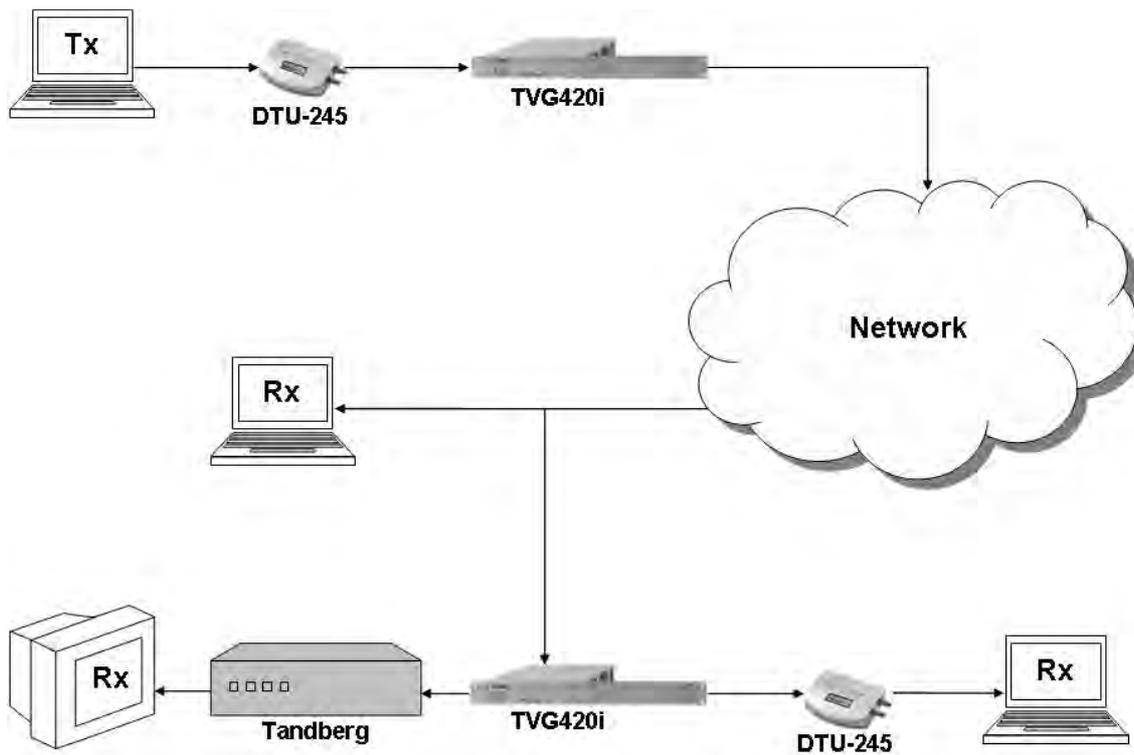
Fig. 3.1: schema completo del test bed ISCTI

Per la creazione dei contenuti video da trasportare in rete e per l'aggiunta del FEC si è utilizzato una coppia di convertitori ASI to IP, i T-VIPS TVG420, alimentati in ASI da due TS converter, i DTU- 245. Questi ultimi prelevano i TS sorgente da una connessione USB verso un client Windows dove sono ospitati i diversi TS MPEG2 CBR (Constant Bit Rate) considerati nel test.

A destinazione il secondo T-VIPS preleva il flusso RTP e lo distribuisce sia al secondo DTU-245 per la registrazione su disco, sia ad un decoder professionale, il Tandberg, per la proiezione diretta su schermo.

---

Di seguito è riportato un primo schema di test:



*Fig. 3.2 Schema con gli apparati FEC*

I test eseguiti fanno capo ai due diversi scenari considerati, di rete gestita e di rete aperta.

Sono stati simulati i classici impairment di rete dovuti a link failure nel caso di rete gestita e di perdita di pacchetti dovuti a congestionamento (perdita continuativa) e di tipo random (piccoli burst) nel caso di rete aperta.

I test sono stati condotti seguendo le linee guida del DVB Forum, che definisce accettabili un impairment all'ora nel caso di segnale in definizione standard, ed uno ogni 4 ore nel caso di alta definizione.

Tutti i nostri test sono stati condotti su segnali in definizione standard, ovvero con risoluzione di 720x576 pixel e compressione MPEG2.

La rete è gestita tramite la tecnica Virtual Private LAN Service (VPLS), già descritta nella scorsa relazione. Mediante VPLS viene creata una VPN di livello due; il traffico video avrà priorità rispetto a quello dati, con probabilità di perdita nulla se comparata al traffico best effort. L'impairment può avvenire o a causa di un link failure o ad un congestionamento di flussi a priorità più bassa.

---

### 3.1.1 Risultati

#### *Caso di Link Failure:*

- Il VPLS è un servizio che si basa per la parte di trasporto sull'MPLS, protocollo che riesce a gestire interruzioni di fibra molto più velocemente che SDH (50 ms). Recentemente abbiamo condotto dei test sui routers Juniper mediante le tecniche di Standby Secondary Path e Fast Reroute. Mediando sulle mille prove ripetute nel primo caso il tempo di ripristino si assesta sui 36 ms, mentre nel secondo caso si riesce ad arrivare anche ai 26 ms. Si dimezza il tempo rispetto ad SDH comportando notevoli vantaggi per i traffici real time.
- Nel caso di Fast Reroute l'entità del danno sarà direttamente proporzionale alla portata del flusso video colpito dall'evento di link failure.
- Supponendo un TS di circa 20 Mbit/s una interruzione di 26 ms comporterebbe una perdita di circa 47 pacchetti persi consecutivamente. Il tipo di FEC a disposizione, l'SMPTE 2022-1, non permette purtroppo di recuperare tale perdita. Va però considerato che un link failure statisticamente può accadere alla peggio una volta al giorno, rimanendo ampiamente entro le specifiche del DVB Forum.

Di seguito invece riportiamo il grafico delle prestazioni del FEC a disposizione nel caso di link failure SDH (50 ms) e MPLS Fast Reroute (26 ms), confrontando il bitrate e il numero di colonne del FEC necessarie al recupero del danno per tale bitrate.

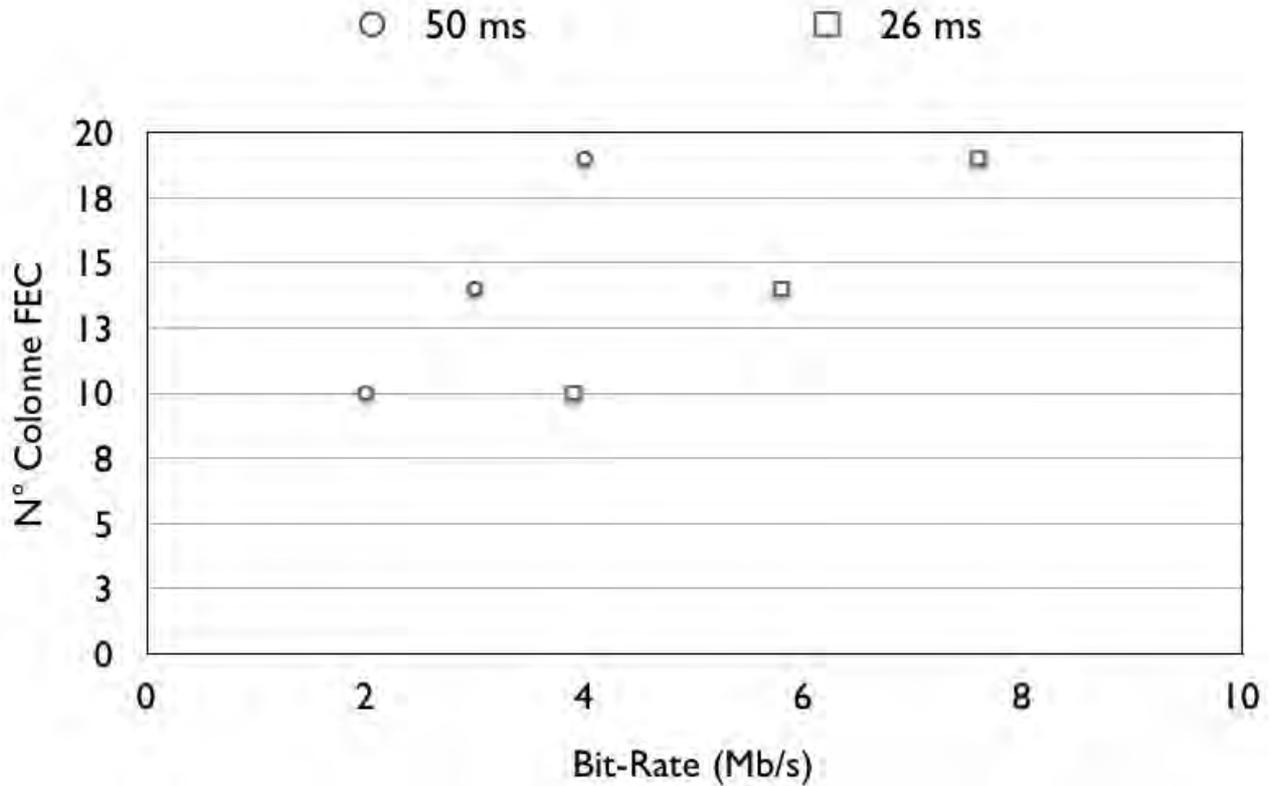


Fig. 3.3

Come è possibile verificare questo FEC purtroppo, per tale impairment, non permette il totale recupero dei dati persi nel caso di flussi superiori a 8 Mb/s.

*Caso di congestione di rete:*

Il traffico sintetico è stato generato tramite SmartBit 6000 che ci ha permesso di valutare le percentuali di perdita all'aumentare del traffico nel link congestionato e di conseguenza le capacità del FEC di porvi rimedio.

Di seguito alcuni risultati:

Traffico di background (Mb/s)	N° flussi totali	Pacchetti persi sul flusso video
1022	51.1	5.4 %
1002	50.1	2.3 %
982	49.1	2.04 %
962	48.1	0.360 %
957	47.85	0.015 %
956.7	47.83	0.00155 %
955.5	47.77	0
953	47.65	0

Questa prima tabella riassuntiva evidenzia il caso in cui non vi è alcuna forma di protezione dei flussi video concorrenziali.

Vediamo invece il caso in cui si è utilizzato il FEC a disposizione, l' SMPTE 2022-1:

Traffico di background (Mb/s)	Flusso video a 20 Mb/s con aggiunta del FEC (Mb/s)	Bitrate totale (Mb/s)	N° flussi totali	Percentuale di pacchetti persi sul flusso video	Percentuale di pacchetti recuperati dai pacchetti persi	Percentuale di pacchetti non recuperati dai pacchetti persi
<i>FEC (20,5) righe e colonne (25% overhead)</i>						
975	25	1000	40	3.64%	63.95%	36.05%
970	25	995	39.8	0.92%	100%	0
<i>FEC (20,5) solo colonne (20% overhead)</i>						
972	24	996	41.5	0.28%	83.91%	16.09%
970	24	994	41.4	0.02%	100%	0
<i>FEC (5,20) solo colonne (5% overhead)</i>						
960	21	981	46.7	0.18%	70.15%	20.85%
959	21	980	46.67	0.02%	100%	0
<i>FEC (4,4) solo colonne (25% overhead)</i>						
970	25	995	39.8	0.07%	100%	0

Come è possibile vedere dalla tabella il caso migliore è quello di utilizzo di un FEC minimo con overhead del solo 5% che permette un recupero completo dei pacchetti persi a fronte di un danno del circa 0.02% prolungato nel tempo.

Dalla tabella si evidenzia anche il fatto che aumentando la capacità correttiva del FEC, e di conseguenza anche l'overhead si potrebbero correggere danni fino allo 0.92% di perdite prolungate nel tempo.

Come possibili sviluppi futuri si aspetta l'implementazione dei codici FEC di tipo Raptor che sulla carta promettono ampi margini di miglioramento rispetto a quello utilizzato durante queste prove.

## 3.2 TV su protocollo IP con trasmissione tramite ponte radio a 60 GHz

Il presente studio riguarda l'analisi delle caratteristiche tecniche e la valutazione delle relative prestazioni dal punto di vista televisivo quando nel segmento periferico della rete è inserito un sistema di comunicazione wireless bidirezionale a banda larga, operante secondo una topologia di tipo punto-punto nella banda dei 60 GHz (59.375 – 62.225 GHz).

Tale banda può risultare di notevole interesse per il futuro delle comunicazioni radio broadband, in quanto mira a rappresentare una valida alternativa alle sempre più congestionate bande dei 2.4 e 5 GHz dei sistemi Wi-Fi ed HiperLAN. Pur conservando il vantaggio di mantenere una natura unlicensed, infatti, la banda in questione presenta un'ampia disponibilità di frequenze utilizzabili per applicazioni multimediali che ne favorirebbero l'integrazione con le reti di nuova generazione, garantendo ampia flessibilità e velocità di trasmissione dell'ordine dei 100 Mbps, a fronte di costi infrastrutturali ridottissimi.

### 3.2.1 Cenni sulle trasmissioni radio a 60 GHz

Dalla figura 3.4 si può notare come già dal 2001 l'FCC statunitense (Federal Communications Commission) abbia riservato ben 7 GHz per applicazioni unlicensed intorno ai 60 GHz, al pari del Giappone che prevede l'impiego del range di frequenze 54,25-59 GHz per un uso licenziato con massima potenza di uscita dal trasmettitore di 100 mW e minimo guadagno di antenna di 20 dBi, ed i 7 GHz compresi nell'intervallo 59-66 GHz per un uso non licenziato con massima potenza di uscita dal trasmettitore di 10 mW e massimo guadagno di antenna di 47 dBi.

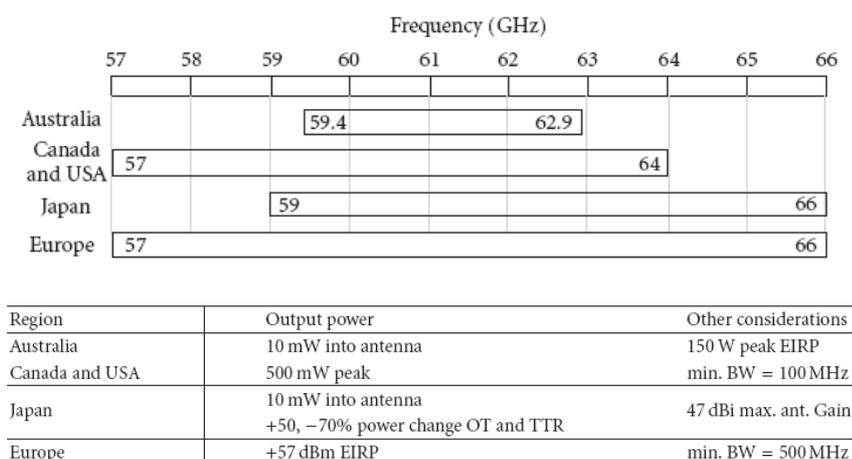


Fig. 3.4 – Disponibilità di spettro intorno ai 60 GHz in alcuni paesi, con relativi requisiti di emissione imposti (Fonte: EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking)

---

Sulla scia di quanto fatto in questi paesi, anche in Europa, dove al momento la banda 57-66 GHz è riservata ad applicazioni mobili in generale, senza specifiche raccomandazioni o decisioni, si sta pensando di favorirne un uso non licenziato, tenendo conto che, come asserito dal CEPT nella Recommendation T/R 22-03, “the high-frequency re-use achievable in the oxygen absorption band reduces the requirement for sophisticated frequency planning techniques and offers the possibility of a pan-European deregulated telecommunications environment for various low power, low cost, short-range applications”.

Al momento, sono due le organizzazioni che si stanno interessando allo sviluppo di uno standard operante a queste frequenze:

- l'IEEE 802.15.3, che ha costituito il Task Group 3c (IEEE 802.15.3c) impegnato nello sviluppo di uno strato fisico alternativo MMW-based (millimeter-wave) per l'esistente standard 802.15.3 del 2003 per le reti WPAN (Wireless Personal Area Networks);
- la WiMedia alliance, un'associazione industriale, interessata all'introduzione nello standard della tecnologia OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), allo scopo di ottenere velocità dati dell'ordine del gigabit al secondo.

In base a quanto riportato nel Piano Nazionale di Ripartizione Frequenze, attualmente in Italia la banda 61-61,5 GHz risulta destinata alle applicazioni industriali, scientifiche e medicali (ISM), e quindi la sua natura di gamma di frequenze condivise, per le quali non occorre una specifica assegnazione ma, al contrario, possono essere impiegate da ciascun utilizzatore interessato ad implementare servizi operanti senza alcuna protezione dai disturbi generati da eventuali altri utilizzatori, ne determina la conseguenza che il suo impiego risulta soggetto al semplice rilascio di un'autorizzazione generale da parte dell'Autorità.

Di contro occorre considerare che, l'attenuazione supplementare dovuta all'assorbimento di potenza dei segnali trasmessi a queste frequenze da parte dell'ossigeno presente nell'atmosfera, suggerisce un impiego di tali frequenze tramite apparati di comunicazione a corto raggio (< 1 Km), rendendoli adatti all'implementazione di applicazioni del tipo di quelle descritte in figura 2 per la classe di utenza business, e come alternativa a collegamenti in fibra o DSL per garantire la copertura wireless a banda larga dell'ultimo miglio per la classe di utenza consumer.

L'uso che si è fatto fino ad oggi di questo tipo di apparati ha interessato principalmente le comunicazioni satellite-to-satellite, specie in ambito militare, in quanto la naturale propensione dell'ossigeno contenuto nell'atmosfera terrestre ad assorbire energia

---

elettromagnetica a queste frequenze svolge una funzione di barriera naturale atta a prevenire intercettazioni earth-based.

La stessa caratteristica, comunque, può rappresentare un aspetto vantaggioso anche nel caso di impiego come ponte radio terrestre per collegamenti di backhaul tra edifici non eccessivamente distanti, perché il fenomeno di assorbimento cui si è accennato può provocare:

- rapida diminuzione del rischio di interferire con altri collegamenti a 60 GHz posti nelle vicinanze, all'aumentare della distanza tra trasmettitore interferito e trasmettitore interferente;
- conseguente possibilità di un elevato grado di "riuso frequenziale" per collegamenti operanti nella stessa area geografica;
- elevato grado di sicurezza, specie nel caso di trasmissione di dati sensibili, grazie ad un minor rischio di intercettazione.

Maggiori informazioni su questo argomento possono essere trovate nel documento sul sito della FUB [www.fub.it](http://www.fub.it) (area2).

### ***3.2.2 Descrizione della rete sperimentale***

Teatro della sperimentazione è stato la sede del Ministero dello Sviluppo Economico (ex Comunicazioni) dell'EUR. Lo schema del collegamento è riportato in figura 3.5.

Le due stazioni terminali del ponte radio sono state installate sulla Palazzina A del complesso ministeriale e sulla Palazzina K della sede delle Poste Italiane di Viale Europa, per poi essere collegate, tramite link in fibra ottica, al laboratorio di rete multiaccesso multiservizio IP LAB che la FUB ha realizzato presso l'ISCOM (Istituto Superiore delle Comunicazioni) per consentire lo svolgimento di attività riguardanti la parte di rete che va dalla sezione di accesso alla sezione core.

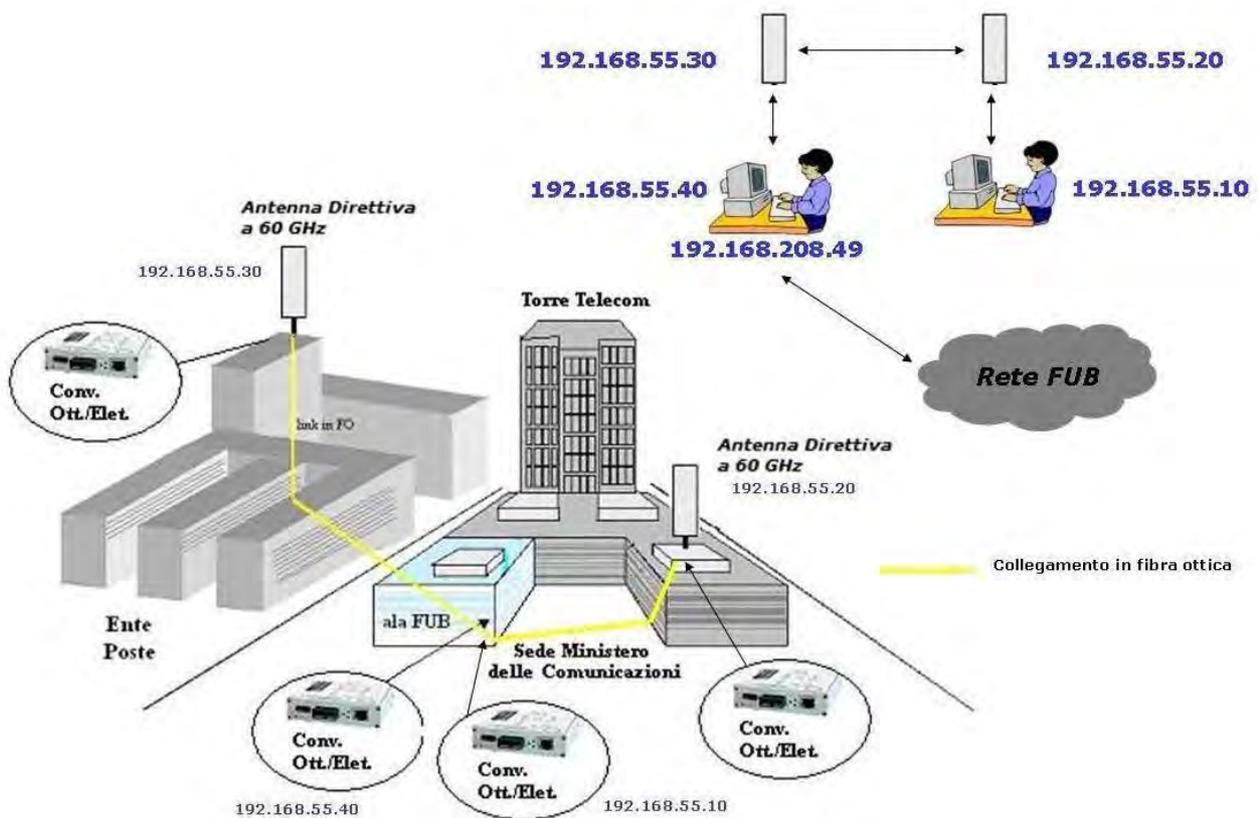


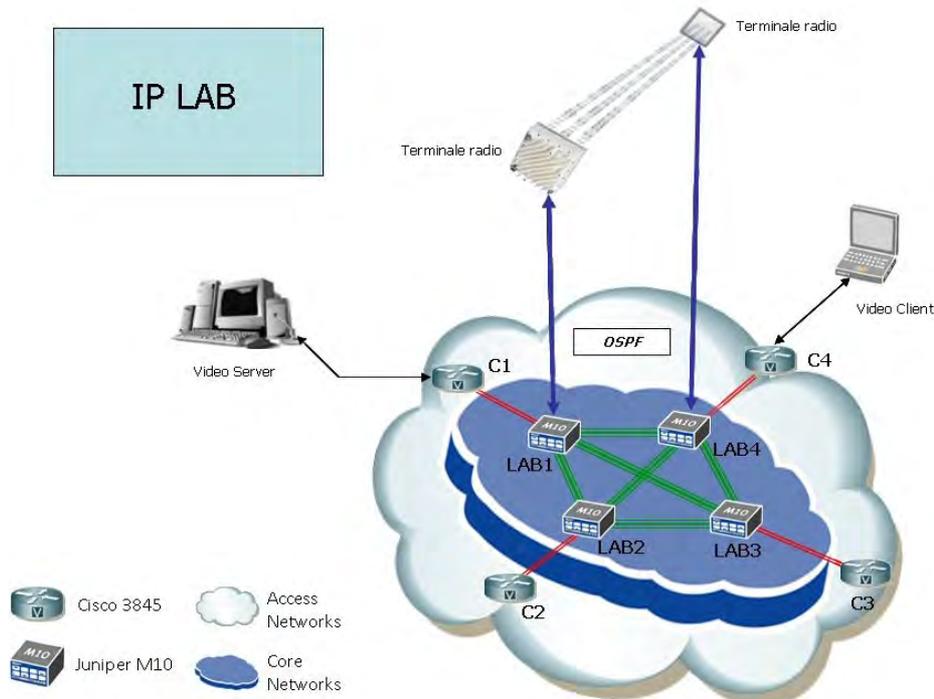
Fig. 3.5 – Schema del collegamento in ponte radio realizzato

All'interno del laboratorio sono state predisposte postazioni utente, gestibili anche da remoto tramite l'impiego della rete FUB esistente, attraverso le quali è stato possibile sviluppare:

- test di analisi dei parametri prestazionali del collegamento radio realizzato, tramite l'impiego di tools di misura open source, a riga di comando, quali Iperf, che, grazie alla sua flessibilità, permette di misurare la massima velocità di trasmissione raggiungibile in connessioni di tipo TCP o UDP, anche attraverso la modulazione di vari parametri di rete (TCP windows size, Maximum Transmission Unit, ecc.), fornendo come output rapporti su bandwidth, jitter e datagram loss del collegamento;
- test di misura del throughput, latency e frame loss sul collegamento, valutati a livello ethernet, cioè a livello 2 della pila ISO/OSI, tramite l'impiego dello strumento di misura SmartBits, capace di generare traffico in modo continuo su una interfaccia fast ethernet connessa ad uno dei due lati del link, per poi ricevere lo stesso traffico su una seconda interfaccia fast ethernet connessa all'altro capo del link, allo scopo di sottoporlo ad un conseguente processamento nel tentativo di misurare gli indici prestazionali indicati dall'utente in fase di configurazione del test;

- applicazioni video basate sul paradigma client-server, attraverso il quale un utente della LAN interna al laboratorio richiede la visione di un opportuno filmato al video-server posizionato dalla parte opposta del collegamento, e riceve da questo il flusso video richiesto passando attraverso il ponte radio in esame.

Il sistema è stato dapprima analizzato in modalità stand-alone, anche in presenza di pioggia, e ne sono state valutate le prestazioni attraverso la misura di parametri oggettivi (throughput, perdita di pacchetto, jitter). Successivamente è stato integrato con la rete presente nel laboratorio IP LAB (costituita da router Cisco nella sezione d'accesso, e router Juniper, in configurazione mesh, nella sezione core, tutti connessi tra loro tramite collegamenti in fibra ottica), con l'intento di valutarne la capacità di integrazione con reti di nuova generazione (simulazione dell'impiego del ponte radio come collegamento di backup nel caso di presenza di un link-failure sul collegamento primario in fibra ottica) e la susseguente attitudine al trasporto di servizi che necessitano il supporto di specifici requisiti di banda e di soddisfacimento di opportuni parametri prestazionali (vedi fig. 3.6).



*Fig. 3.6 – Integrazione del ponte radio a 60 GHz con la rete multiaccesso-multiservizio presente nel laboratorio IP LAB*

---

Come illustrato precedentemente, le prove sperimentali eseguite sul ponte radio sono state mirate alla verifica delle reali capacità del sistema di trasportare servizi a banda larga con i necessari requisiti di qualità, soprattutto in condizioni di sovraccarico rispetto al suo normale funzionamento.

Per far ciò, una volta verificata la presenza di piena connettività fisica tra i dispositivi impegnati nella connessione, si è passati all'analisi del comportamento dei protocolli di comunicazione di strato superiore rispetto a quello fisico, deputati all'implementazione di tutte le funzioni necessarie a realizzare il trasporto dei dati senza errori.

In particolare, il ricorso all'uso dell'applicativo Iperf, che basa il suo funzionamento sul ruolo di client e di server con il quale vengono alternativamente configurate le due stazioni terminali, ha consentito di generare un flusso dati di livello 4 (nella pila ISO/OSI) in transito nelle due direzioni possibili del ponte radio, distinguendo il caso di:

- trasmissione UDP che, prevedendo una modalità di trasferimento senza connessione non è in grado di fornire alcuna garanzia sulla qualità di servizio (non viene eseguito alcun recupero di errore, controllo di flusso o ri-ordinamento delle unità informative), ed è quindi assimilabile ad un flusso dati con bit rate costante;
- trasmissione TCP che, essendo un protocollo connection-oriented, prevede l'implementazione di funzioni di controllo e recupero di errore, controllo di flusso e ri-ordinamento delle unità informative, più adatto, quindi, all'analisi del comportamento del link in presenza di servizi che hanno la necessità di un trasferimento affidabile dei loro dati, piuttosto che per servizi real-time.

Nello specifico, la trasmissione UDP consente di variare la dimensione dei datagrammi in transito a seconda dell'applicazione per la quale si vuole testare il collegamento; il valore di default, pari a 1470 bytes, è idoneo per reti ethernet. Il server identifica una perdita di datagrammi UDP sulla base di un numero identificativo (ID) del datagramma; usualmente ad un datagramma UDP corrispondono diversi pacchetti IP, e perderne anche solo uno implica la perdita di tutto il datagramma. A sua volta, il client registra un timestamp di 64 bit/microsecondo nel pacchetto, che consente al server di calcolare il relativo tempo di transito come differenza tra il tempo di ricezione del server ed il tempo di trasmissione del client. Tuttavia, poiché i clock della stazione trasmittente e di quella ricevente possono non essere sincronizzati, la loro differenza viene sottratta nel calcolo del jitter.

---

Un esempio di comando di avvio di una trasmissione di datagrammi UDP, rispettivamente per server e client, impostato per lo svolgimento dei test eseguiti, assume la seguente struttura:

- `iperf -c 192.168.55.10 -t 86400 -u -b 100M -r -l 1K -w 630K -i 60`
- `iperf -s -u -l 1K -w 630K -i 60`

laddove i singoli parametri sono stati inizializzati per definire, nell'ordine:

- la durata del test (t) misurata in secondi (86400);
- la modalità di trasmissione secondo il protocollo UDP (u);
- la banda di traffico (b) che si vuole generare (100M). Deve essere impostata ad un valore elevato rispetto alla velocità massima del collegamento; in questo modo, infatti, non riuscendo a raggiungere la velocità voluta, si dovrà per forza di cose trasmettere alla massima velocità possibile in quel preciso istante. In altre parole, impostando un valore troppo basso di questo parametro, ad esempio 1M, Iperf genererà un traffico ad una velocità pari ad 1Mbits/sec, rendendo superflua la misura effettuata;
- la modalità di funzionamento in "tradeoff" ®, se si vuole verificare il comportamento del link in entrambe le direzioni, facendo partire lo stesso test prima dal server verso il client e, successivamente dal client verso il server (se tale verifica la si vuole realizzare in contemporanea su entrambe le direzioni, occorre impostare la modalità di funzionamento in "dualtest", sostituendo il comando -r con il comando -d);
- la lunghezza (l) del buffer di lettura/scrittura (1K), impostato di default al valore 8KB per connessioni TCP e 1470 bytes per trasmissioni UDP;
- la dimensione del buffer deputato alla ricezione dei datagrammi (w) per il protocollo UDP (630K), e della window size per il protocollo TCP;
- l'intervallo temporale (i), misurato in secondi (60), entro cui vengono periodicamente calcolati i valori dei parametri di bandwidth, jitter e datagram loss.

Ovviamente, le prove sperimentali sono state eseguite in entrambe i versi di trasmissione (sia in modalità tradeoff che in modalità dualtest), al fine di valutare le prestazioni raggiungibili nei due sensi della connessione.

L'analisi del comportamento del ponte radio nei confronti di traffico di livello 2 in transito (trame ethernet), come detto, è stata resa possibile dall'impiego dello strumento di misura SmartBits, attraverso il quale è stato possibile evidenziare la variabilità dei tre principali parametri di rete che l'apparato consente di misurare, nelle varie situazioni sperimentali di interesse, tramite le seguenti modalità:

- 
- **Throughput Test:** misura la più grande velocità a cui un dispositivo può inviare trame senza errori. Se una singola trama viene ricevuta errata, il test fallisce e si ripete ad una velocità più bassa. La velocità iniziale è fissata dall'utente come percentuale rispetto a quella concessa dalla topologia o dalla interfaccia trasmittente, e viene ridotta del 20% rispetto a quella del tentativo precedente nel caso di primo fallimento, mentre viene ridotta del 50% entro l'intervallo delimitato dall'ultimo tentativo fallito e l'ultimo tentativo andato a buon fine, nel caso di fallimenti successivi al primo. Il test non termina fino a quando non si raggiunge l'approssimazione specificata nella fase di test set-up relativamente alla risoluzione con cui ci si vuole avvicinare alla velocità reale del link.
  - **Latency Test:** l'interfaccia trasmittente invia un burst di trame, al centro del quale è inserito un frame con un trigger identificativo (tag). Detto Transmit Timestamp il tempo richiesto per la trasmissione completa del tag, e Receive Timestamp il tempo impiegato dall'interfaccia ricevente a riconoscere il tag, il calcolo della latenza avviene quindi come:  $Latency = (Receive\ Timestamp) - (Transmit\ Timestamp)$
  - **Packet Loss Test:** misura la percentuale di trame che sono state inviate e che sono state perse (si invia uno specifico numero di frames ad una specifica velocità e si contano i frames che sono ricevuti dall'interfaccia ricevente).

### *3.2.3 Misure su servizi video.*

La realizzazione delle prove sperimentali volte a fornire un quadro il più completo possibile delle caratteristiche funzionali del ponte radio per servizi televisivi, è stata organizzata separando l'analisi di natura soggettiva da quella di natura oggettiva.

La prima ha interessato l'esame del comportamento del servizio di video-streaming, ottenuto tramite la trasmissione ad una velocità di circa 20Mbps di un video ad alta definizione, dal server al client in prima istanza, e dal server verso più client contemporaneamente, fino ad ottenere la saturazione della banda disponibile, in una fase successiva.

La seconda, invece, ha coinvolto la misura dei parametri di rete indicati in precedenza, con la successiva rappresentazione grafica dei valori misurati, allo scopo di evidenziare in modo ancora più marcato il differente comportamento nelle varie situazioni sperimentali attuate.

Da notare come già in fase di instaurazione del collegamento fisico vero e proprio tra le due stazioni terminali era stato possibile verificare, tramite la semplice trasmissione di pacchetti di segnalazione relativi all'esecuzione dell'applicazione "ping", che la risposta degli apparati a

---

tali sollecitazioni, in entrambe le direzioni, non risultasse sempre puntuale e continua come ci si sarebbe aspettato da un collegamento operante in condizioni ottimali rispetto alle sue normali condizioni di funzionamento, specie nella fase iniziale di attivazione della comunicazione tra i due apparati terminali.

Questo aspetto risulta particolarmente penalizzante in quelle applicazioni in cui il ponte radio deve trasportare servizi poco tolleranti all'errore, come nel caso del video-streaming, tramite il quale è stato possibile verificare che, anche in situazione di link scarico, si registrava la perdita di pacchetti secondo un andamento di carattere impulsivo (cioè perdite concentrate in un intervallo di tempo molto breve). Tale comportamento evidenzia la criticità di questo sistema ad essere impiegato per il supporto di una tale categoria di servizi a banda larga.

Per tale ragione, ulteriori test di video-streaming sono stati realizzati solo attraverso la contemporanea trasmissione del video ad alta definizione verso più utenti contemporaneamente, con l'unico scopo di ottenere una verifica sul throughput massimo raggiungibile, già misurato tramite l'applicativo Iperf, ma non ricercando differenze di comportamento nel caso di link congestionato o nel caso di condizioni atmosferiche peggiorative rispetto al caso ottimale, essendo già risultato inadeguato il livello di qualità che si è riusciti ad ottenere attraverso modalità di trasmissione unicast su collegamento non saturato.

### ***Simulazione di una situazione di link failure***

Nell'ottica di un utilizzo del ponte radio in esame come collegamento di backup su una connessione esistente in fibra ottica all'interno di una rete di trasporto, dopo averne realizzato l'integrazione con la rete multiaccesso-multiservizio presente nel laboratorio IP LAB, si è cercato di indagarne il comportamento attraverso le seguenti prove orientate alla simulazione di un link-failure sulla rete di trasporto in fibra ottica:

- sovraccarico istantaneo del ponte radio con una quantità di traffico superiore a quella che è in grado di sopportare, immaginando che in caso di interruzione del link in fibra ottica, il router cui è connessa diriga tutto il traffico in transito verso il collegamento radio di backup, gravandolo oltre le sue normali capacità di funzionamento. La simulazione è stata attuata tramite l'impiego del dispositivo SmartBits descritto in precedenza, mediante la generazione di 70 Mbps di traffico di test per un primo intervallo temporale e di 100 Mbps per il successivo intervallo temporale, entrambe della durata di circa 40 secondi. Si è così potuto riscontrare che le stazioni radio

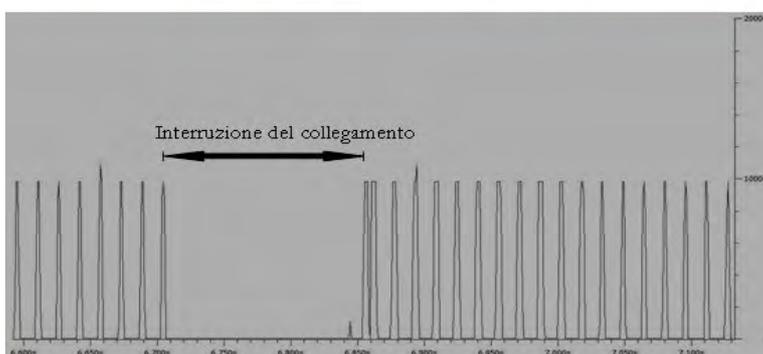
---

sottoposte ad una tale sollecitazione non entrano in situazione di stallo, interrompendo il proprio funzionamento, ma cercano piuttosto di smaltire tutto il traffico che possono, presentando, come ovvio, percentuali di perdita superiori alle normali condizioni operative;

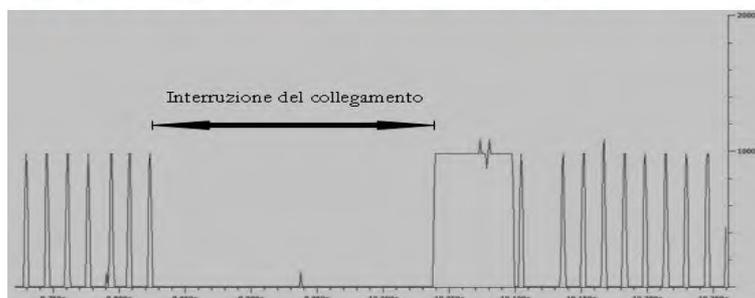
- verifica che i tempi di ripristino della comunicazione tra client e server, relativamente alla situazione in cui il ponte radio intervenga in sostituzione di un collegamento in fibra ottica, risultino confrontabili con quelli riscontrabili nel caso di ridondanza di un link ottico con un altro link ottico. Nello specifico, si è rilevato che tale differenza ammonta a circa 46 msec a favore del collegamento di backup in fibra ottica, essendo circa 170 msec il tempo occorrente al protocollo OSPF (Open Shortest Path First) per re-instradare il traffico su un percorso secondario in fibra, e circa 216 msec l'equivalente intervallo di tempo misurato nel caso la comunicazione venga dirottata su un collegamento radio di backup. I 46 msec aggiuntivi rispetto ai tempi di ripristino del protocollo, costituiscono un ritardo dovuto alla sincronizzazione della componente trasmissiva del ponte radio.

Va, tuttavia, osservato che questo ritardo non si presenterebbe qualora venissero impiegate tecniche tipo SSP-LSP (Standby Secondary Path - Label Switched Path), cui si accennerà nel seguito; in questo caso, infatti, il ponte radio sarebbe già in esercizio e non sarebbero richiesti tempi di sincronizzazione.

Nelle figure 3.7 e 3.8 viene fornito un riscontro grafico di quanto misurato con il test b), rappresentando il momento in cui si interrompe il link primario in fibra ottica, sia a livello di qualità visiva percepibile dall'osservatore, sia in termini numerici attraverso la misura ed il confronto dell'intervallo di tempo per il quale si registra assenza di ricezione di pacchetti audio/video sul client.



*Fig. 3.7 – Comportamento del segnale trasmesso nel caso di backup del collegamento in fibra ottica con un altro collegamento in fibra ottica*



*Fig. 3.8 – Comportamento del segnale trasmesso nel caso di backup del collegamento in fibra ottica con un collegamento in ponte radio a 60 GHz*

L'analisi condotta in questo paragrafo assume notevole importanza se si considera l'aspetto della salvaguardia di traffico caratterizzato da priorità "Mission Critical", di cui il VoIP e la TV su IP costituiscono i servizi più rappresentativi.

In una connessione da 1 Gbit/s, normalmente utilizzata nelle reti metropolitane, è auspicabile che non più del 10% del traffico (circa 100 Mbit/s) sia riservato a servizi voce con priorità Mission Critical. Una tale classe di servizi, infatti, presenta requisiti molto stringenti in termini di garanzia di banda, ritardo (delay), jitter e packet loss, esigenze dettate sia dalla natura real-time del servizio telefonico, sia dai protocolli con modalità di trasferimento senza connessione impiegati per il trasporto di questa classe di dati.

Nello specifico:

- un protocollo con modalità di trasferimento senza connessione non consente la ritrasmissione dei pacchetti persi e ciò impatta sul valore della packet loss;
- un valore eccessivo del delay può produrre lo sgradevole effetto della "conversazione in differita", che risalta all'orecchio umano per valori al di sopra dei 500 ms di questo parametro;
- è necessario ottenere valori prossimi allo zero anche per il jitter, essendo tale parametro diretta conseguenza della variabilità del ritardo.

Per un servizio con priorità Mission Critical, in sintesi, sarebbe auspicabile avere perdite di pacchetto nulle con tempi di ritardo minimi e, soprattutto, costanti.

*Di seguito vengono tradotte tali considerazioni come requisiti espressi in forma tabellare con relativa descrizione delle classi di servizio, così come indicato nella normativa di riferimento ITU-T Y1541-Network Performance Objectives for IP-Based Services.*

Network Performance Parameter	Nature of Network Performance Objective	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
<b>IPTD</b> (IP Time Delay)	Upper bound on the mean IPTD	100 ms	400 ms	100 ms	400 ms	1 s	U
<b>IPDV</b> (IP Delay Variation)	Upper bound on the 1-10 <sup>-3</sup> quantile of IPTD minus the minimum IPTD	50 ms	50 ms	U	U	U	U
<b>IPLR</b> (IP Loss Ratio)	Upper bound on the packet loss probability	1*10 <sup>-3</sup>	U				
<b>IPER</b> (IP Error Packet Ratio)	Upper bound	1*10 <sup>-4</sup>					U

*Tabella 1 – Requirements dei servizi triple play rispetto alle classi standardizzate dall'ITU (Fonte: ITU-T Y1541-Network Performance Objectives for IP-Based Service)*

QoS Class	Applications (Examples)	Node Mechanisms	Network Techniques
0	Real-Time, Jitter Sensitive, High Interaction (VoIP, VTC)	Separate Queue with Preferential Servicing, Traffic Grooming	Constrained Routing/Distance
1	Real-Time, Jitter Sensitive, Interactive (VoIP, VTC)		Less Constrained Routing/ Distance
2	Transaction Data, Highly Interactive (Signalling)	Separate Queue, Drop Priority	Constrained Routing/Distance
3	Transaction Data, Interactive		Less Constrained Routing/ Distance
4	Low Loss Only (Short Transactions, Bulk Data, Video Streaming)	Long Queue, Drop Priority	Any Route/Path
5	Traditional Applications of Default IP Networks	Separate Queue (Lowest Priority)	Any Route/Path

*Tabella 2 – Mappatura di servizi triple play nelle classi di riferimento standardizzate dall'ITU (Fonte: ITU-T Y1541-Network Performance Objectives for IP-Based Service)*

In base a quanto detto, un potenziale impiego del ponte radio in applicazioni che prevedano la salvaguardia del traffico voce o, comunque, con priorità Mission Critical, richiederebbe una pianificazione della rete cui appartiene mirata all'implementazione di funzionalità di etichettatura dei pacchetti in transito (scelta di una politica di QoS), con preallocazione di risorse in caso di verifica di un link failure.

Con riferimento alla figura 3.6, occorrerebbe configurare la rete in modo che il collegamento tra LAB4 e LAB1 risulti caratterizzato da un tunnel MPLS, con un secondo LSP che faccia da "riserva calda" al primo in caso di perdita accidentale del link. L'idea è quella di creare una policy sui router LAB1 e LAB4 tale da favorire il passaggio sul tunnel di backup del solo traffico Mission Critical. Tale tecnica prende il nome di SSP-LSP, ed è in grado di garantire tempi minimi di ripristino (circa 50 ms) tra l'LSP di esercizio e quello di backup, a fronte di un dispendio di banda pari alla capacità dell'LSP di backup.

### **3.2.4 Conclusioni**

L'analisi svolta ha consentito di evidenziare come gli apparati operanti nella banda dei 60 GHz risultino una valida scelta per l'offerta di servizi triple play di voce, video e dati ad alta velocità su brevi distanze, offrendo l'opportunità di usufruire dei vantaggi economici di operare in

---

bande non licenziate, garantendo però la possibilità di supportare comunicazioni sufficientemente protette da un punto di vista interferenziale.

Nell'ottica di migliorarne sempre più le prestazioni, estendendone l'uso anche ad applicazioni di natura indoor, può risultare interessante studiare il comportamento di tali sistemi quando vengano sottoposti a modifiche tecniche quali:

- impiego di antenne a polarizzazione circolare, con possibilità di avere un delay spread di canale sostanzialmente più basso rispetto al caso di polarizzazione lineare;
- impiego di tecniche di modulazione del segnale diverse dal QPSK implementato dagli apparati testati, orientandosi ad esempio sull'impiego di tecniche multicarrier quale l'OFDM, così come avviene per il Wi-Fi, sebbene la caratteristica del canale a 60 GHz di essere poco sensibile al multipath e di presentare pesanti attenuazioni in caso di presenza di NLOS sul collegamento, non faccia apparire a prima vista vincente la scelta dell'OFDM.

L'obiettivo potrebbe essere, quindi, quello di definire le caratteristiche di un sistema dual-band WiFi/60 GHz e/o UWB/60 GHz capace di sfruttare i vantaggi di una delle due tecniche per superare gli ostacoli dell'altra, a fronte di un incremento contenuto nei costi economici e computazionali che conseguirebbero dall'aumento di complessità delle operazioni richieste agli strati PHY e MAC del dispositivo così ideato.

---

### 3.3 Effetti del ripristino nelle reti Ethernet sul segnale video

Le reti NGN saranno profondamente basate sulle trasmissioni GbE, in cui i meccanismi di OAM saranno basati su tecniche proprie dell'MPLS e delle sue evoluzioni. In particolare un tema molto importante è quello del ripristino e già nel capitolo 3.1 e 3.2 abbiamo affrontato il tema del ripristino in reti MPLS-VPLS ed in particolare per una rete di contribuzione per la TV e per una rete che ingloba un ponte radio a 60 GHz. In questo capitolo abbiamo affrontato una completa indagine sul ripristino in reti MPLS per ottenere tempi compatibili con la TV digitale e cioè inferiore ai 50 ms.

#### *3.3.1 Sperimentazione di servizi video utilizzando tecniche di ripristino in reti geografiche gbe: Descrizione generale delle prove*

La sperimentazione descritta in questo capitolo intende stabilire se in reti ottiche su vasta area basate su interfacce Gigabit Ethernet sia possibile ottenere le stesse prestazioni in termini di affidabilità e velocità di ripristino delle tradizionali reti TDM.

Per perseguire questo obiettivo vengono valutate le prestazioni e l'efficacia di diverse tecniche di ripristino applicate alla rete VPLS ad estensione geografica, realizzata grazie al Test-Bed ISCTI-FUB.

Le tecniche di ripristino e protezione utilizzabili in un contesto VPLS sono sostanzialmente tre:

- Fast Reroute MPLS;
- Standby Secondary Path MPLS;
- Multi Homing .

Le prime due tecniche sono adottabili all'interno della infrastruttura MPLS del Provider, mentre il Multi Home può essere impiegato nella sezione di rete che interconnette Provider e Customer.

La sperimentazione di ciascuna delle tecniche in esame è riportata in sezioni dedicate, inoltre, in ciascuna sezione, saranno precisate le configurazioni dei routers relative al particolare tipo di protezione.

In questo paragrafo invece si descrivono le prove sperimentali effettuate su ciascuna delle tre tecniche di ripristino, illustrando la metodologia e gli strumenti utilizzati.

---

Entrando maggiormente nel dettaglio, sono state effettuate tre tipi di prove:

- Valutazione del tempo medio di recovery su 1000 eventi di guasto del link.
- Misura deterioramento Flusso Video HD.

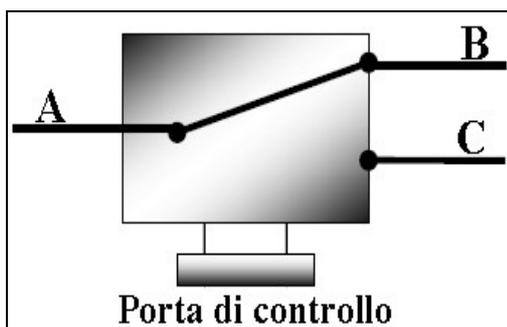
La caratteristica comune dei Test effettuati è quella di avere realmente generato nella rete dei guasti, per sollecitare i meccanismi di ripristino e poterne osservare il comportamento.

Procedendo per ordine, come passo preliminare viene descritta la modalità con cui si genera il guasto alla rete.

### 3.3.2 Interruzione del link

Il guasto al link (cable cut) viene considerato come guasto di riferimento durante i test. Si è scelto questo tipo di guasto perché molto diffuso nelle reti ottiche e perché può essere realizzato facilmente nelle prove sperimentali in laboratorio.

Nello specifico per causare il guasto al link è stato utilizzato uno switch di fibra ottica, il cui schema è riportato in figura.



Lo switch di fibra ottica è un dispositivo a tre porte, pilotato da una tensione di controllo, in grado di commutare l'uscita del segnale ottico dalla porta B alla porta C.

La commutazione consiste nello spostamento fisico, pilotato da una porta di controllo, di un tratto di fibra

da una porta all'altra.

Il disservizio sul link è stato generato inserendo lo switch lungo il collegamento da interrompere. Il trasmettitore è stato collegato sulla porta A e ricevitore alla porta B, mentre la porta C è stata lasciata scollegata. Grazie a questa configurazione la commutazione dello switch dallo stato 1 (A-B) allo stato 2 (A-C) causa un Loss of Light sul link tra trasmettitore e ricevitore.

Si è pensato a questo meccanismo per evitare di staccare manualmente la fibra ottica dall'interfaccia dei Router, procedura che se ripetuta di frequente porta a un deterioramento dei componenti.

Lo switch ottico è pilotato da una differenza di potenziale: applicando una differenza di potenziale maggiore o uguale a 4.5V sulla porta di controllo, lo switch commuta da un'uscita all'altra. Oltre alla differenza di potenziale, per effettuare la commutazione è necessaria una

---

corrente maggiore di 40 mA; quando si verificano queste due condizioni lo switch è in grado di commutare il segnale d'ingresso da un'uscita all'altra in un tempo tra i 3 e i 4 ms.

Per pilotare lo switch ottico, si utilizza la porta parallela di un PC con un sistema operativo Linux. Tramite un programma in linguaggio C è possibile scrivere sui registri di output relativi ai piedini della porta parallela. In sostanza scrivendo sul registro di output della porta parallela un bit 1, si genera sul piedino corrispondente una tensione di 5V, sufficiente a pilotare la commutazione dello switch.

Per brevità non si entra nel dettaglio di come viene effettuata la scrittura nei registri, poiché non risulta essere influente dal punto di vista delle prove. L'unica cosa da rilevare è che la procedura di interruzione del link è di fatto automatizzata e, pilotata attraverso un programma C in esecuzione su un PC linux.

### ***3.3.3 Tempi medi di Ripristino***

La finalità di qualsiasi tecnica di ripristino è quella di minimizzare il tempo in cui il traffico transitante in rete sperimenta un fuori servizio dovuto al verificarsi di un guasto.

Coerentemente con questa finalità, le misure effettuate intendono valutare il tempo necessario al meccanismo di ripristino per ristabilire la connessione tra i punti terminali del traffico; tale grandezza è denominata, dal Metro Ethernet Forum, Connectivity Restoration Time (CRT), come riportato in [MEF Technical 2].

In questo senso una possibile metodologia per misurare i tempi di ripristino della rete è quella di valutare la variazione dei tempi di interarrivo tra i pacchetti appartenenti a un flusso a bit rate costante.

Il metodo considerato per la misura dei tempi di ripristino si basa sulle seguenti ipotesi:

- Traffico a Bit Rate costante;
- Pacchetti del flusso di traffico a dimensione fisse;
- Assenza di condizioni di congestione in rete (ritardo di attraversamento della rete circa costante).

Sotto queste ipotesi il tempo che passa tra l'arrivo di due pacchetti consecutivi è circa costante. Sfruttando questa proprietà è possibile stimare la durata dell'interruzione del servizio misurando la variazione dei tempi di interarrivo dei pacchetti.

Infatti, al verificarsi di un guasto la connettività tra gli end-point del flusso viene interrotta e solo dopo il ripristino della connessione i pacchetti tornano ad arrivare a destinazione. In questo senso, la variazione dei tempi di interarrivo corrisponde proprio al tempo che

---

intercorre tra l'arrivo dell'ultimo pacchetto giunto a destinazione prima del guasto e l'arrivo del primo pacchetto giunto a destinazione dopo il ripristino, che sotto le ipotesi fatte è pari al tempo necessario al meccanismo di ripristino per ristabilire la connessione. Si conclude in sintesi che il tempo di ripristino può essere misurato valutando le variazioni dei tempi di interarrivo dei pacchetti.

La misura della variazione dei tempi di interarrivo è possibile grazie all'analizzatore/generatore di traffico ANRITSU MD1230B, che grazie a un apposito tool rende possibile misurare le variazioni dei tempi di interarrivo dei pacchetti ricevuti. Inoltre, sempre grazie all'Anritsu, è stato possibile generare il flusso di traffico di test esattamente conforme alle ipotesi precedentemente fatte su Bit Rate e dimensione dei frame.

Il tool utilizzato per misurare le variazioni del tempo di interarrivo dei pacchetti ha il seguente funzionamento:

- si precisa una risoluzione temporale per le misure;
- si stabilisce un intervallo di tempi di osservazione;
- nell'intervallo considerato si definisce un contatore per ogni valore di variazione dei tempi;
- ogni coppia di pacchetti che arriva a destinazione con un ritardo che cade nell'intervallo incrementa il relativo contatore.

Per le finalità di questa attività sperimentale si è stabilita una risoluzione temporale dell'ordine del millisecondo e un intervallo di osservazione che va dai 15 ms ai 50 ms.

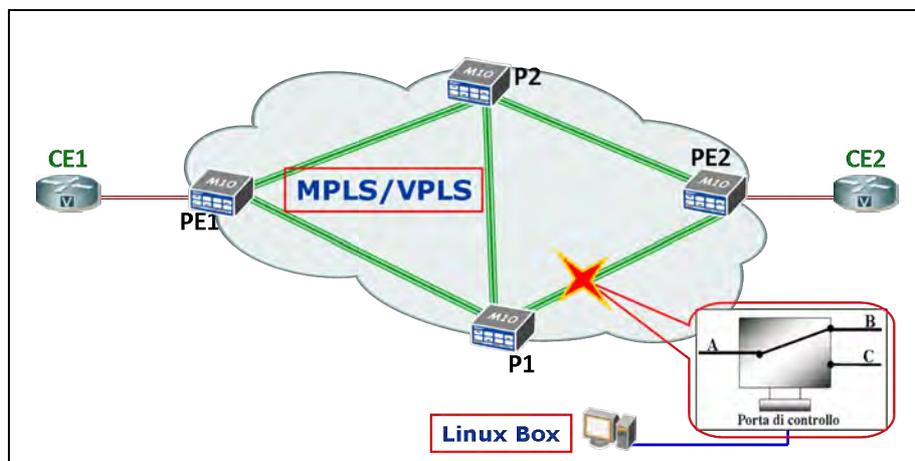
Il tool dell'Anritsu che è stato utilizzato consente di misurare i tempi di ripristino in tempo reale durante la ricezione del traffico e, inoltre, il test può durare indefinitamente, monitorando di continuo i tempi di interarrivo dei pacchetti e incrementando i relativi contatori. Proprio grazie a queste caratteristiche è stato possibile realizzare dei test di lunga durata, che hanno reso possibile misurare i tempi relativi a molti eventi di ripristino indipendenti tra loro.

Per effettuare realmente un test di lunga durata è stato necessario automatizzare il guasto applicato alla rete. Come è stato detto nel precedente paragrafo, il guasto è apportato alla rete inserendo lungo il link uno switch di fibra ottica, pilotato da un PC. Lo switch, che interrompe la continuità della linea commutando da un'uscita all'altra, è pilotato grazie alla porta parallela di una Linux Box.

Sulla Linux Box viene eseguito un programma scritto in linguaggio C in grado di far commutare lo switch di fibra ottica, scrivendo sui registri della porta parallela. Il programma eseguito

rende possibile causare dei guasti sulla linea dove si trova lo switch con una certa periodicità e in un numero grande a piacere. Inoltre, se il periodo tra due guasti consecutivi è sufficientemente lungo, il traffico torna a percorrere il collegamento di esercizio e di conseguenza il guasto successivo attiva nuovamente la procedura di ripristino. Quindi impostando correttamente i parametri del programma C di controllo dello switch, è possibile ripetere in tempi ravvicinati un numero molto elevato di procedure di ripristino equivalenti ed indipendenti tra loro.

In Figura è raffigurato lo schema del sistema realizzato per realizzare in modo automatico i guasti in rete.



*Figura 3.9 Schema della realizzazione automatica dei guasti in rete*

In sintesi, grazie al programma C che pilota lo switch e al software Anritsu che misura le variazioni dei tempi di interarrivo, è possibile ripetere in modo automatico le misurazioni dei tempi di ripristino.

Si riporta nella figura 3.9 il programma utilizzato per il controllo dello switch.

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <asm/io.h>

// Indirizzo della parallela
#define PORT      0x378

main() {
    ..... //Sono omesse linee di codice necessarie
           //ad attivare la porta parallela

    int Dt = 100000000;
    int ripetizioni = 1000;
    .....

    // Si ripetono i guasti

    while (ripetizioni != 0) {

        // Scrivo 0000 0001 sulla porta
        // inducendo la commutazione dello switch

        outb(0,PORT);

        printf("Valore Porta %d\n", inb(PORT));

        // Aspetto 100 ms prima di riconnettere la fibra

        usleep(92000);

        // Disattivo i data pin scrivendo 0000 0000 sulla porta
        outb(0xFF,PORT);

        printf("Valore Porta %d\n", inb(PORT));

        ripetizioni = ripetizioni-1;

        printf("Test Rimanenti: %d\n", ripetizioni);

        // Si attende per 100 secondi

        usleep(Dt);

    }
}

```

*Figura 3.10 Programma C che controlla lo Switch ottico*

Grazie a questo programma si sono potuti osservare, in modo automatico, mille eventi indipendenti di link failure, registrando i tempi delle conseguenti operazioni di ripristino. L'osservazione di un numero elevato di eventi di ripristino, statisticamente indipendenti tra loro, ha consentito di arrivare a valutare per ciascuna tecnica il tempo medio di ripristino; tale tecnica rende anche possibile valutare la distribuzione dei tempi su una statistica sufficientemente estesa.

### ***3.3.4 Deterioramento flusso IP-TV HD***

Un altro possibile test che rende possibile valutare la velocità di ripristino della rete è l'analisi dell'impatto della procedura di protezione su un servizio IP-TV. Il principio alla base di questo test è del tutto analogo a quello visto per le misure dei tempi di ripristino precedenti. Infatti

un flusso IP-TV consente di valutare, osservando l'interruzione nell'arrivo dei pacchetti, il tempo necessario al ripristino della connettività della rete.

Oltre alla stima dei tempi di ripristino questo test consente di valutare l'impatto del guasto sulla qualità del servizio percepita dall'utente finale. Tra i servizi immaginabili, i servizi IP-TV sono certamente quelli che possono risentire maggiormente di guasti o malfunzionamenti della rete; infatti oltre a soffrire la variazione dei tempi di attraversamento della rete al pari di un servizio telefonico, risentono pesantemente anche delle perdite di pacchetti. Inoltre gli standard video e i codec stanno evolvendo verso formati sempre più onerosi in termini di banda e di affidabilità del servizio di trasporto, basti pensare al formato HD. Per questo motivo si è reputato necessario valutare non solo i tempi necessari per il ripristino del servizio, ma anche analizzare come questi tempi si traducano in un peggioramento della qualità del servizio percepita dall'utente.

Per effettuare questi test si è inviato un flusso video HD a 20Mbit/s, in formato MPEG2 Transport Stream (TS), tra un Server posizionato nel sito 1 e un Client posizionato nel sito 2, come è raffigurato in figura 3.11.

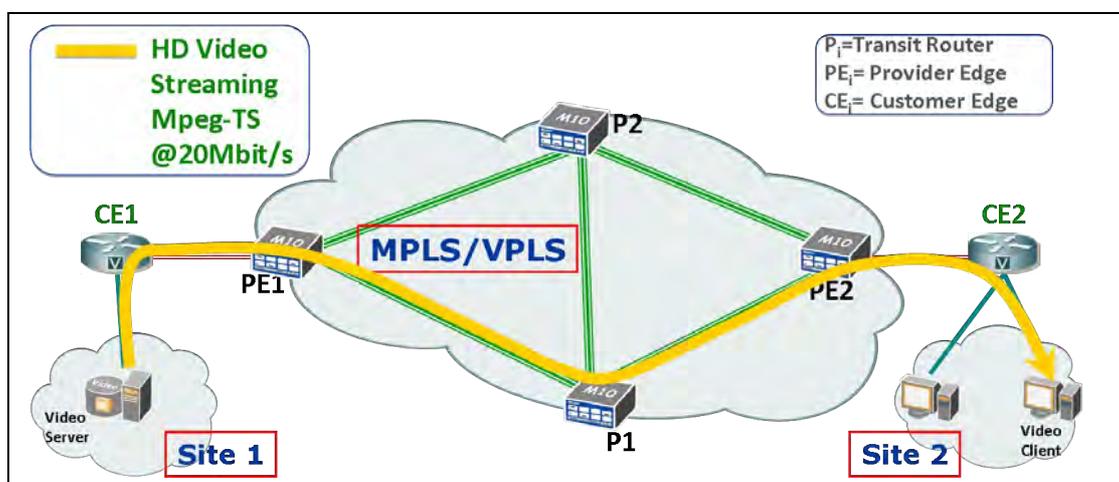


Figura 3.11 Flusso Video HD utilizzato nella sperimentazione

Il flusso video viene trasportato tra Server e Client grazie al servizio VPLS. Sul PC che svolge il ruolo di Client, oltre a visualizzare il video ricevuto, si effettua anche uno sniffing dei pacchetti ricevuti tramite il software Wireshark (Ex-Ethereal). Questo software cattura i pacchetti ricevuti sull'interfaccia Ethernet del PC, ed è in grado di filtrare i pacchetti relativi al solo flusso video. Inoltre Wireshark riporta i tempi di arrivo assoluti e relativi dei pacchetti; tale informazione può essere utilizzata per stimare il tempo di fuori servizio causato da un guasto, ossia il tempo necessario al meccanismo di recovery a ristabilire la connessione. A rendere

ancora più efficace questo tipo di test è la possibilità del software di elaborare un grafico (Throughput vs. Tempo) che visualizzi nel tempo la ricezione dei frame, rendendo in questo modo visibile graficamente il tempo di fuori servizio.

Per semplificare l'analisi del Throughput e rendere più leggibili i risultati si è scelto un video di test caratterizzato da un bit rate il più possibile costante.

In definitiva dall'analisi del flusso video è possibile ottenere sia una misura (con rappresentazione grafica) del tempo di fuori servizio, sia una valutazione dell'impatto sulla qualità del servizio offerto all'utente.

### 3.3.5 Fast ReRoute

Come indicato nel Capitolo due, il Fast ReRoute (FRR) è una tecnica di ripristino tipica della tecnologia MPLS, che protegge la rete gestendo il ripristino a livello locale. Proprio grazie alla gestione locale del ripristino, ci si aspetta da questa tecnica performance più elevate in termini di tempi di ripristino.

Il Fast Reroute offerto dall'MPLS può essere utilizzato in un contesto VPLS solo per la protezione della rete del Provider; tale rete nell'implementazione del VPLS realizzata in questa tesi è costituita da Routers Juniper. La Juniper Networks promuove nell'implementazione dell'FRR la modalità di protezione One-to-One backup mode, ossia ad ogni singolo LSP viene associato un Detour Path dedicato.

Considerando la topologia del VPLS su cui si vuole effettuare la sperimentazione, si dovrebbe ottenere il seguente scenario:

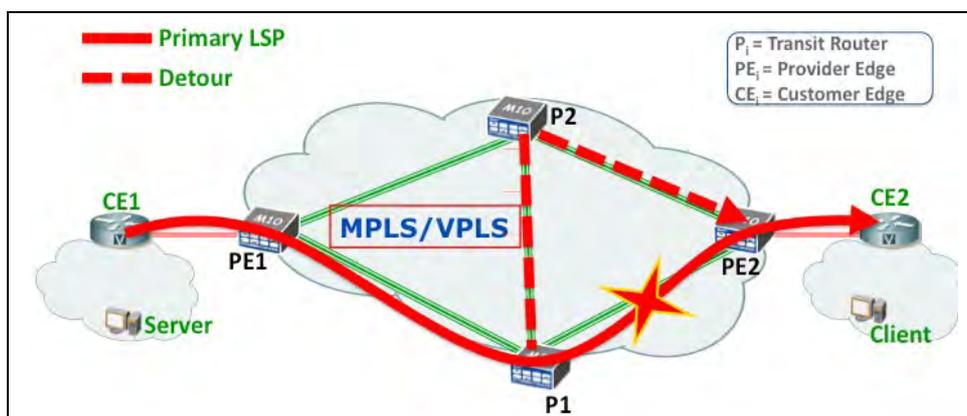


Figura 3.12 VPLS Fast Reroute

In figura 3.12 si riporta la topologia del VPLS realizzato sul Test-Bed. Si intendono realizzare i test causando il guasto sul link tra il Router di transit (P1) e il Router Provider Edge (PE2), cioè il Router d'uscita dal dominio VPLS/MPLS.

---

La procedura di ripristino è quindi gestita dal nodo P1 (Juniper 1); l'unica alternativa possibile sarebbe quella di generare il guasto sul link precedente, ossia tra PE1 e P1, facendo gestire il guasto al nodo di Ingress PE1. Si è però preferito evitare questa soluzione per non far perdere di generalità le prove sperimentali.

Nonostante la protezione sia gestita a livello locale, l'utilizzo del FRR deve essere dichiarato solamente nell'Ingress Router, sarà poi il protocollo di segnalazione RSVP-TE (RFC 4090) a sollecitare l'instaurazione di percorsi di protezione locale nei nodi lungo l'LSP.

La tecnica di protezione FRR non si applica direttamente al servizio VPLS, ma ai Tunnel di trasporto MPLS. Proteggere i Tunnel MPLS significa garantire la raggiungibilità tra i PE e assicurare il servizio di forwarding VPLS tra i siti del Customer. In sintesi il Fast Reroute MPLS garantisce l'affidabilità delle funzioni di trasporto, proteggendo in questo modo il servizio VPLS in caso di guasto di link o nodi lungo il percorso. La tecnica di ripristino in questione, implementata su un servizio VPLS tramite il Fast Reroute, sarà in seguito riferita come VPLS Fast Reroute (VPLS FRR).

Va precisato che l'istanza VPLS è completamente ignara della presenza del Fast Reroute, ne sperimenta solamente i benefici in termini di affidabilità e velocità di ripristino. Pertanto per attivare la protezione FRR sul servizio VPLS è sufficiente includere i settaggi necessari in fase di definizione degli LSP MPLS sull'Ingress Router.

### ***3.3.6 Tempo medio di ripristino Fast Reroute***

Come è stato descritto si sono raccolti i Tempi di Ripristino misurando le variazioni dei tempi di interarrivo dei frame; le misure sfruttano un flusso di 1Gbit/s con frame di 512 bytes. Inoltre è necessario precisare che durante i test la rete non è coinvolta dal passaggio di altri flussi di traffico oltre quello di test.

Naturalmente il flusso considerato percorre la rete da CE a CE sfruttando il servizio di trasporto offerto dal VPLS.

Per poter effettuare un numero elevato di prove automatizzate, si sfrutta il fatto che il Fast Reroute dopo aver protetto localmente il traffico, commutando il traffico sul Detour Path, effettua in tempi brevi un'ottimizzazione globale dell'LSP. Quando il link torna ad essere utilizzabile, ossia quando lo switch che ha procurato il guasto torna allo stato iniziale, il meccanismo di ri-ottimizzazione riporta in tempi brevi l'LSP sul link d'esercizio. Questo meccanismo ha consentito di effettuare delle prove relativamente ravvicinate, ossia un guasto (della durata di 50 ms) ogni 60 secondi. Quindi nell'arco di 17 ore è stato possibile osservare

1000 guasti e la relativa esecuzione del meccanismo di Recovery VPLS Fast ReRoute (VPLS FRR).

Il dispositivo di test Anritsu ha registrato le variazioni del tempo di interarrivo dei frame, e tra i 17 ms e i 47 ms ha riportato in un istogramma il numero dei pacchetti arrivati con una data variazione del tempo di arrivo. Ciascun Frame arrivato con un ritardo compreso nell'intervallo considerato, rappresenta un link failure gestito tramite il VPLS FRR. L'istogramma risultante e il calcolo del tempo medio di ripristino sono riportati in Figura . In questo grafico è rappresentato, con le barre verticali, il numero di occorrenze in cui la variazione dei tempi di interarrivo tra i frame assume lo specifico valore nell'intervallo considerato.

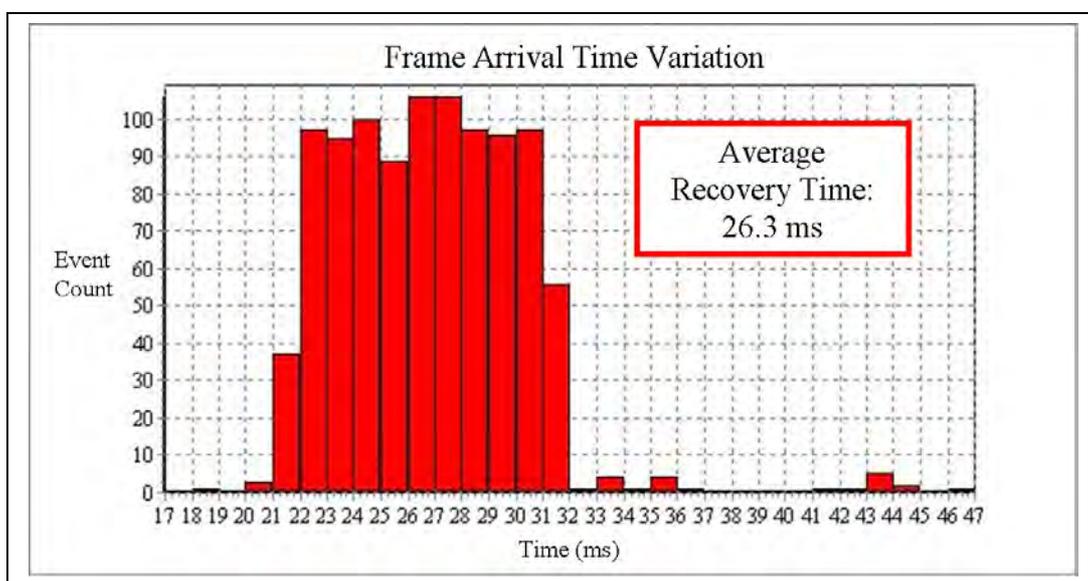


Figura 3.13 Tempo di ripristino per VPLS FRR

Come ulteriore conferma che la variazione del tempo di interarrivo corrisponde proprio al tempo richiesto dalle procedure di ripristino, il numero totale di Frame con variazione del tempo di arrivo nell'intervallo considerato è proprio pari a al numero di guasti generati.

Dai dati raccolti, si riscontra una distribuzione circa uniforme dei tempi di Recovery tra i 21ms e i 31ms, e mediando sulle mille prove effettuate si ottiene un tempo medio di ripristino pari a 26.3 ms. E' opportuno precisare che la variabilità dei tempi di ripristino è legata essenzialmente al meccanismo di identificazione dei guasti, tali meccanismi sono del tipo connectivity check, e pertanto si basano sull'invio periodico di messaggi di verifica di connettività. Come conseguenza si ha che l'evento di guasto si verifica sempre in un punto differente del tempo di time out dei contatori per la ripetizione del connectivity check.

Questo tipo di misura rappresenta una valutazione quantitativa della affidabilità del sistema, in particolare mette in evidenza che il 99.9% delle volte che si verifica un guasto i tempi di

---

ripristino sono al di sotto dei 50 ms. Inoltre si può osservare che in più del 90% dei casi i tempi di recovery del Fast Reroute sono al di sotto dei 30 ms.

Questi risultati permettono di concludere che i tempi di ripristino e l'affidabilità di un sistema VPLS sono comparabili con le performance offerte dai sistemi TDM SONET/SDH.

A conforto di questi risultati sono stati ripetuti i Test modificando alcune delle condizioni al contorno come ad esempio il bit rate, il tempo di interruzione del collegamento, o la frequenza dei guasti, riscontrando sempre risultati simili.

### ***3.3.7 Deterioramento Flusso Video HD***

Per effettuare questo tipo di test si considera un flusso video inviato da un Server, attestato sul Sito corrispondente al CE1, verso un Client che afferisce al sito del CE2. Il flusso video viene inviato attraverso un Transport Stream MPEG 2 a circa 20Mbit/s ed è trasportato dal VPLS attraverso la rete. In ricezione la decodifica e la visualizzazione del video sono effettuati in tempo reale senza effettuare bufferizzazioni.

Inviando il flusso video da un sito all'altro si sono potuti analizzare gli effetti su uno streaming video di un guasto nella rete del Provider. Inoltre è possibile effettuare una cattura tramite lo sniffer Wireshark, grazie al quale si possono visualizzare dei grafici di Throughput molto utili per stimare il tempo di fuori servizio e verificare, attraverso una differente modalità di misura, se i valori ottenuti con il test precedente sono attendibili.

Grazie a Wireshark si catturano, durante la ricezione del flusso video, tutti i pacchetti ricevuti dall'interfaccia di rete del Client; tali catture possono essere salvate e sono quindi disponibili a successive analisi. Per poter analizzare i soli pacchetti relativi al flusso Video è necessario filtrare i pacchetti catturati, nel caso specifico si può isolare il flusso video selezionando i soli i pacchetti UDP con Destination Port 1234<sup>7</sup>. Una volta effettuato il filtraggio è possibile visualizzare il Throughput istantaneo relativo al flusso video con una risoluzione temporale anche molto elevata. Il grafico di Throughput non si basa su valori medi ma è ottenuto partendo dalla cattura dei pacchetti, infatti si riportano per ogni intervallo dell'asse temporale esattamente i bit ricevuti, sfruttando le informazioni sugli istanti di arrivo dei pacchetti.

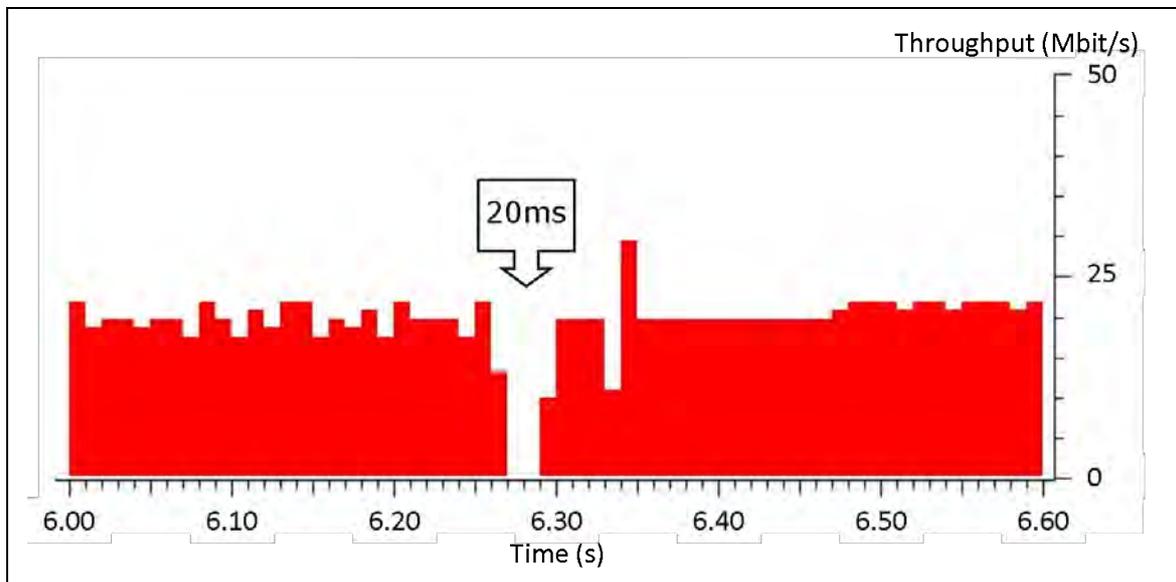
Per misurare i tempi di ripristino si deve identificare e misurare all'interno del flusso video il periodo di tempo di fuori servizio, nel quale non si sono ricevuti pacchetti del flusso. Il grafico di Throughput permette di visualizzare semplicemente l'intervallo di tempo nel quale non si sono ricevuti pacchetti. Inoltre, grazie all'elevata risoluzione temporale con la quale è

---

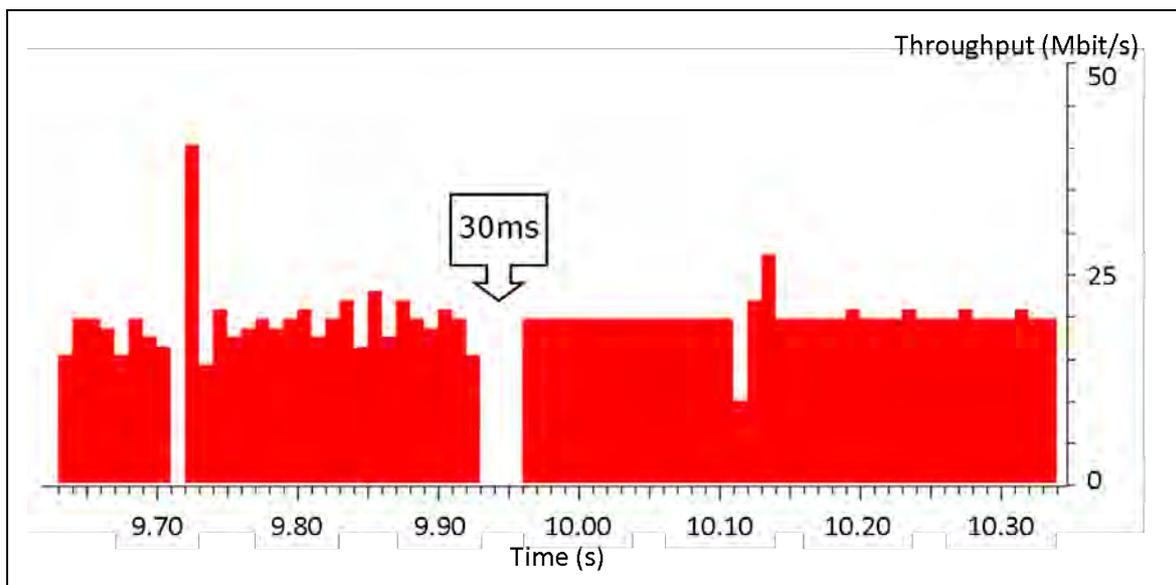
<sup>7</sup> Il valore della Destination Port UDP viene impostato dal Server e contraddistingue in modo univoco il flusso video.

realizzato il grafico, è anche possibile quantificare il tempo necessario al meccanismo di ripristino per ristabilire il servizio.

Dalla cattura con Wireshark si ottengono i seguenti risultati:



*Figura 3.14 Throughput vs Tempo (Tempo di Ripristino VPLS FRR 20ms)*



*Figura 3.15 Throughput vs Tempo (Tempo di Ripristino VPLS FRR 30ms)*

In figura 3.14 e figura 3.15 sono riportati due test indipendenti, come è possibile vedere il bit rate relativo al flusso video risulta essere approssimativamente costante e di valore pari a 20Mbit/s. Quando si verifica un guasto (del tipo in Figura ) in rete la connessione tra Server e Client viene momentaneamente interrotta, infatti il servizio di VPLS sperimentando un guasto sui tunnel MPLS che interconnettono i PE non è più in grado di mantenere la connessione tra i CE. Il meccanismo di ripristino Fast Reroute, dirottando il traffico su un Detour Path, protegge il servizio VPLS, e ristabilisce la connessione tra Server e Client.

---

Come è evidente il ripristino viene effettuato nel caso fig. 3.14 in 20 ms, mentre nel caso fig. 3.15 in 30 ms.

I tempi di ripristino riscontrati con questo metodo validano i risultati ottenuti nel test precedente (tempi medi). Infatti i tempi trovati con la cattura Wireshark hanno un granularità dell'ordine della decina di millisecondi, sono quindi più grossolani, ma indicano l'ordine di grandezza dei tempi di ripristino, confermando i risultati ottenuti con il test effettuato valutando le variazioni dei tempi di interarrivo dei frame.

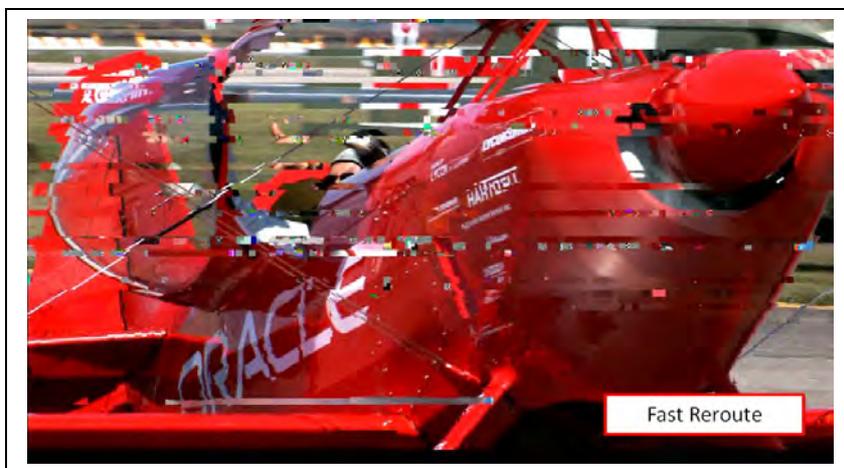
I test sul flusso video hanno permesso di riscontrare come l'utente finale percepisce un guasto alla rete dell'operatore, nel caso in cui sia gestito tramite il Fast Reroute. Come ormai è chiaro, il Fast Reroute consente di ripristinare le funzionalità del VPLS in un tempo che va tra i 20 e i 30 ms, per tempi di fuori servizio così ridotti la codifica del flusso video, attraverso tecniche di contenimento degli errori, dovrebbero consentire di preservare il servizio anche nel caso di flussi video ad alta definizione. Infatti nelle prove effettuate il servizio non viene compromesso; nonostante il flusso video non sia ricevuto per 20/30 ms, la continuità delle immagini non viene interrotta, e non si perde la fluidità del video.

Il guasto causa comunque degli errori di blocchettizzazione nella ricostruzione di alcuni quadri. Con errori di blocchettizzazione si intende la presenza di aree dell'immagine dove si perde la corretta continuità cromatica. Infatti, a causa delle perdite dovute al guasto, il codec video, non riesce a ricostruire le corrette informazioni di crominanza e luminanza in alcune aree del quadro. Per chiarire il concetto di blocchettizzazione, va ricordato che la codifica delle immagini che costituiscono i video viene fatta suddividendo il quadro in tanti blocchetti di dimensione ridotta e, se le perdite dovute al guasto sono contenute, solo alcuni blocchetti dell'immagine andranno persi disgregando l'immagine in una serie di blocchi di colore diverso non continui.

Per tempi di ripristino di 20/30 ms, offerti dal Fast Reroute, si sono isolati i seguenti quadri dove si verificano errori nella ricostruzione dell'immagine. Va detto che nello scorrere del video gli errori sono assolutamente trascurabili e coinvolgono un numero così limitato di quadri tanto da essere appena percepibili.



*Figura 3.15 Qualità percepita su un flusso HD MPEG2 con VPLS FRR*



*Figura 3.16 Qualità percepita su un flusso HD MPEG2 con VPLS FRR*

Come si può vedere in fig. 3.15 si hanno degli effetti assolutamente trascurabili, mentre in fig. 3.16 è più evidente un deterioramento delle prestazioni. Questa differenza non è legata al tempo necessario al ripristino, ma semplicemente al fatto che nel secondo caso sono andati perse delle informazioni più rilevanti per il codec video.

Ad esempio se il quadro interessato da perdite è relativo a un cambio immagine, sarà molto difficile ricostruire i corretti valori di luminanza e crominanza attraverso le informazioni dei quadri precedenti.

Al contrario se il quadro è relativo a una sequenza statica, si può ridurre efficacemente l'effetto di blocchettizzazione ricostruendo le informazioni riguardanti i blocchi affetti da errore a partire dai valori di crominanza e luminanza dei blocchetti corrispondenti nei quadri precedenti.

### 3.3.8 Standby Secondary Path

Attraverso la tecnica di recovery Standby Secondary Path (SSP), il ripristino viene gestito a livello globale dall'Ingress Router, che si occupa di effettuare il protection switching su un percorso secondario instaurato preventivamente.

Lo Standby Secondary Path, implementato grazie all'MPLS, garantisce dei tempi di ripristino leggermente superiori rispetto al Fast Reroute, ma assicura una gestione ottimale delle risorse disponibili, proteggendo l'intero path con un unico LSP di backup.

L'aumento dei tempi di ripristino è causato dal fatto che la gestione del ripristino è centralizzata e svolta unicamente dall'Ingress Router, di conseguenza il guasto deve essere segnalato fino all'ingresso dell'LSP. Il guasto viene segnalato grazie al messaggio di errore PathErr RSVP, tale messaggio viene inviato dal nodo che identifica il malfunzionamento verso l'Ingress Router. Nel percorso però il messaggio di segnalazione è elaborato da tutti i nodi intermedi, introducendo un ritardo che varia a seconda dei nodi da attraversare e che quindi dipende dal punto dove si verifica il guasto.

Nel caso pratico della sperimentazione effettuata, la limitatezza del Test-Bed, in particolare pochi nodi utilizzati, rendono parzialmente apprezzabile questo effetto.

Con riferimento alla rete VPLS realizzata e alla sua topologia si ottiene la configurazione di rete riportata in fig. 3.17.

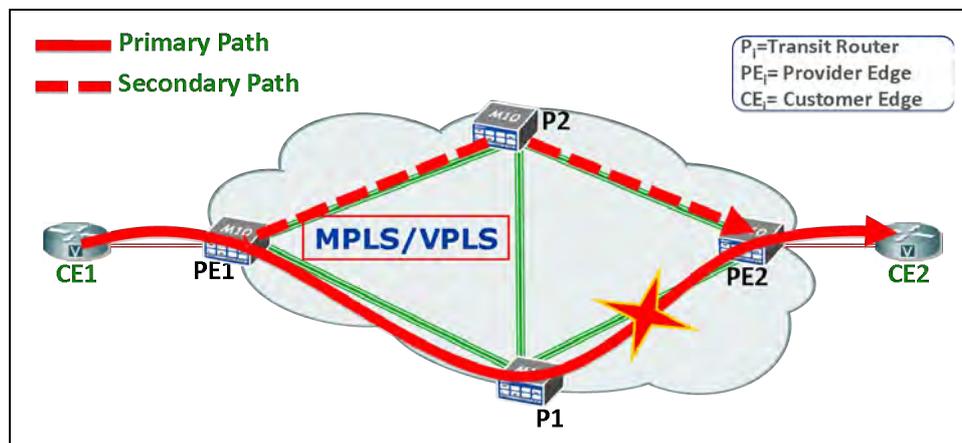


Figura 3.17 VPLS Standby Secondary Path

Nelle prove sperimentali il guasto viene provocato tra i nodi P1 e PE2, mentre la commutazione del traffico sul path secondario viene completamente gestita dai nodi di Ingress, quindi per l'LSP considerato dal PE1.

Come nel caso del Fast Reroute, la tecnica di ripristino dello Standby Secondary Path non coinvolge direttamente l'istanza VPLS, ma garantisce la protezione dei Tunnel MPLS deputati al trasporto dei Frame dell'utente tra i PE VPLS. La protezione offerta al servizio VPLS tramite

---

lo Standby Secondary Path sarà indicata nel seguito come VPLS Standby Secondary Path (VPLS SSP).

### ***3.3.9 Tempo medio di ripristino Standby Secondary Path***

Come per il Fast Reroute, anche per il VPLS Standby Secondary Path (VPLS SSP) si sono misurati i tempi di ripristino relativi a 1000 eventi di guasto indipendenti, utilizzando la procedura automatizzata di generazione dei guasti tramite lo switch di fibra ottica.

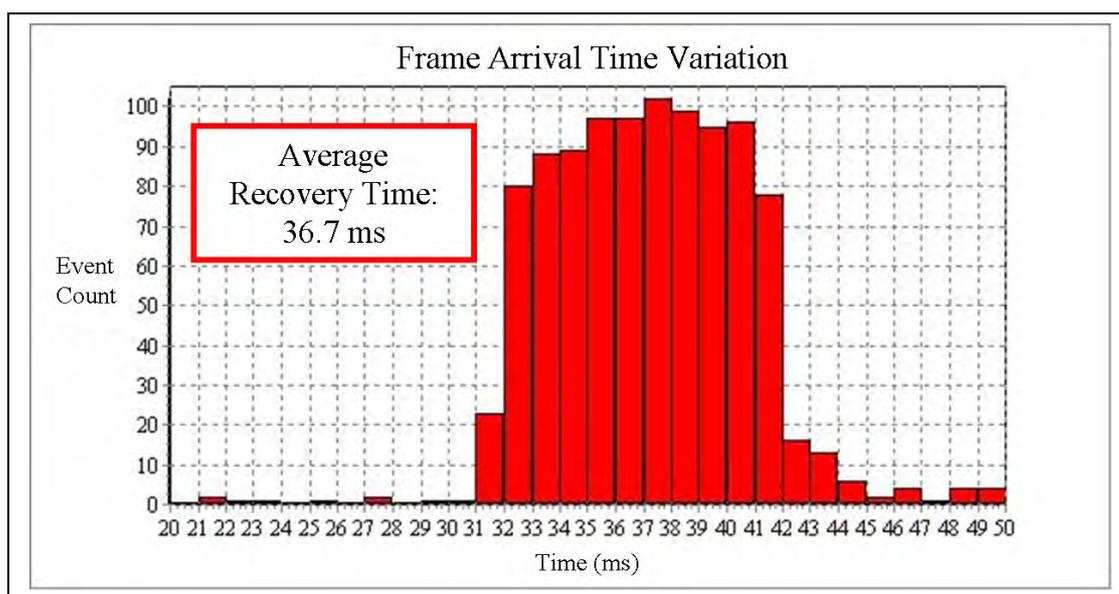
Le misure sono state effettuate su un flusso a bit rate costante di 1 Gbit/s, costituito da frame Ethernet di 512 bytes; queste caratteristiche sono riportate per completezza ma il medesimo test può essere effettuato in modo indifferente con qualsiasi altro tipo di flusso.

Il flusso di test deve necessariamente sfruttare il VPLS per poter passare da un sito all'altro e arrivare a destinazione. Nel caso si utilizzi la tecnica di ripristino dello Standby Secondary Path, il nodo che identifica il guasto (in questo caso il Transit Router P1 in fig. 3.17) deve segnalare il guasto all'Ingress Router, che comincia a rilanciare i pacchetti sul path in standby (guasto gestito a livello globale).

A differenza del Fast Reroute, con lo Standby Secondary Path non è necessario ottimizzare i percorsi degli LSP subito dopo il ripristino, infatti grazie alla gestione globale del guasto non si presentano le inefficienze nell'assegnazione delle risorse tipiche del Fast Reroute.

Per questo motivo, il periodo di ripetizione dei guasti realizzati con lo switch deve essere più lungo rispetto al caso del Fast Reroute, così da assicurare che il traffico torni a percorrere l'LSP primario. Procedendo per tentativi si è verificato che impostando due guasti consecutivi (Loss of Light) della durata di 50 ms ciascuno alla distanza di 3 minuti, il traffico torna ad attraversare l'LSP primario, realizzando in questo modo i test indipendenti in modo automatico e sotto le stesse condizioni.

Si rappresentano i risultati attraverso un grafico ad istogramma (fig. 3.18) che riporta i vari tempi di ripristino del VPLS Standby Secondary Path (VPLS SSP) sperimentati per ciascuna delle prove effettuate. La valutazione dei tempi di ripristino è stata realizzata attraverso la misura della variazione dei tempi di interarrivo dei frame, introdotta dal guasto e registrata dal generatore/analizzatore di traffico Anritsu MD1230B.



*Figura 3.18 Tempo di ripristino per VPLS SSP*

Si è considerato un intervallo di tempi che va dai 20 ms ai 50 ms con una risoluzione del millisecondo: anche in questo caso, dopo aver lasciato in esecuzione il test per il tempo necessario ad eseguire il numero di guasti desiderati, si è riscontrato che le variazioni dei tempi di interarrivo che cadono nell'intervallo considerato sono proprio pari a mille.

Dai dati raccolti si evidenzia che, nella gran parte delle occorrenze, i tempi di ripristino si raccolgono tra i 31 ms e i 42 ms, anche se in qualche caso sono richiesti fino a 49 ms per effettuare il ripristino con il VPLS SSP. La media dei tempi di ripristino riscontrata si attesta sui 36.7 ms, inoltre anche in questo caso si riscontra una distribuzione uniforme dei tempi di ripristino all'interno dell'intervallo che va dai 31 ms ai 42 ms.

I risultati relativi ai tempi di ripristino della tecnica VPLS Standby Secondary Path hanno una validità relativa, a causa della limitato numero di nodi utilizzati nella rete considerata. Infatti, i tempi di ripristino del meccanismo SSP variano a seconda di quanti nodi devono essere attraversati dal messaggio di propagazione d'errore RSVP PathErr, prima che il messaggio raggiunga l'Ingress Router. Per i test effettuati in questa tesi il messaggio di segnalazione ha attraversato un solo nodo (Figura ), di conseguenza è stato introdotto un ritardo limitato. Quindi analizzando questi dati si deve considerare che per un numero di nodi maggiore i tempi di ripristino tenderebbero ad aumentare.

Si ricorda che il ritardo di attraversamento dei nodi intermedi dell'LSP non è dovuto al semplice rilancio del pacchetto contenente il messaggio, bensì è un ritardo di elaborazione. Infatti il messaggio PathErr deve essere elaborato dai protocolli di controllo di ciascun nodo attraversato prima di essere rilanciato nuovamente verso l'Ingress Router.

---

In conclusione anche per il VPLS SSP si ottengono risultati comparabili con le performance dei sistemi SONET/SDH. Inoltre alla luce dei risultati ottenuti si può quantificare l'affidabilità del sistema, stabilendo che per la statistica osservata nel 99.9% dei casi i tempi di ripristino sono sotto i 50 ms. Volendo invece discriminare più finemente le prestazioni, si può affermare che nel 90% dei casi il ripristino è portato a termine in meno di 40 ms. Queste stime di affidabilità sono ottenute considerando le prove effettuate, sono quindi ottenute tramite una statistica che si è dimostrata molto stabile e ben definita, infatti ripetendo più volte il test si ottengono risultati del tutto analoghi.

### 3.3.10 Misura deterioramento Flusso Video HD

Il servizio sul flusso video HD segue una procedura del tutto analoga a quella descritta per il Fast Reroute. Anche in questo caso, infatti, si invia un video MPEG2 HD con bit rate di 20Mbit/s da un Server verso un Client sfruttando il servizio VPLS.

Durante la ricezione del flusso si effettua lo sniffing dei pacchetti ricevuti sull'interfaccia di rete del Client, e filtrando (flusso UDP con Destination Port 1234) i frame catturati è possibile analizzare i soli pacchetti relativi al flusso video.

Grazie al software Wireshark, si visualizzano semplicemente gli istanti in cui il guasto interrompe l'arrivo dei pacchetti al Client, e si può valutare in modo efficace il tempo impiegato dal VPLS SSP a ripristinare completamente il servizio VPLS. I tempi di ripristino possono quindi essere valutati attraverso i seguenti grafici:

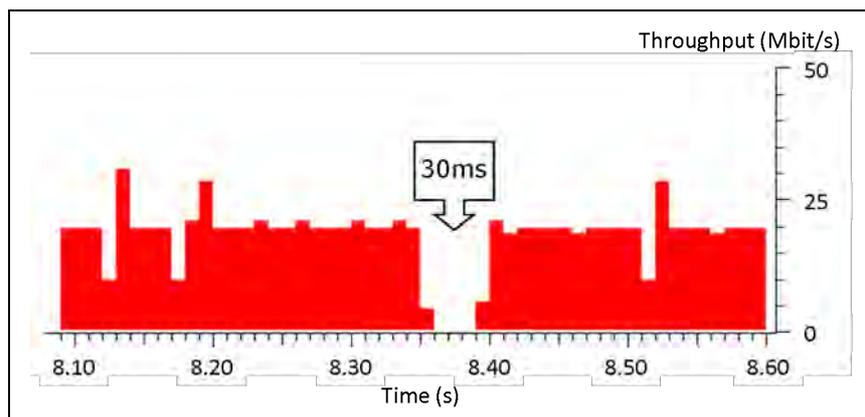
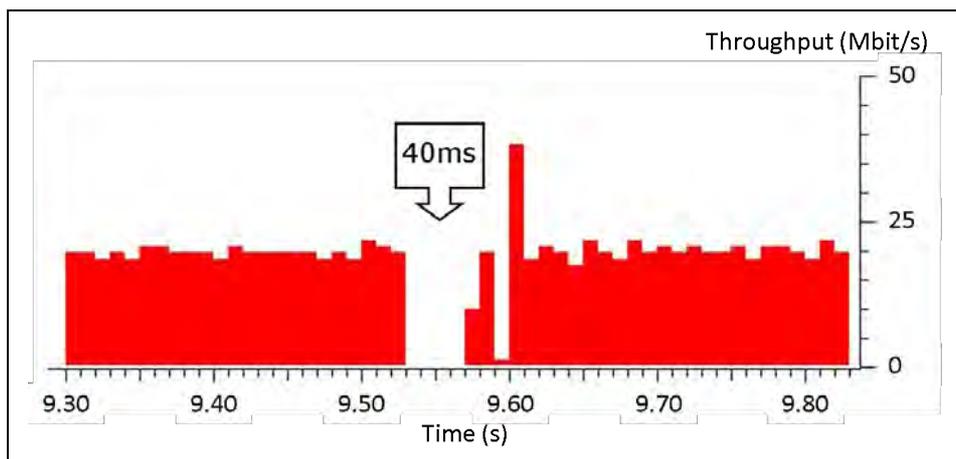


Figura 3.20 Throughput vs Tempo (Tempo di Ripristino VPLS SSP 30ms)



*Figura 21 Throughput vs Tempo (Tempo di Ripristino VPLS SSP 40ms)*

I grafici riportati in fig. 3.20 e in 3.21 visualizzano le interruzioni al servizio video causate dai guasti, come si può osservare i tempi di ripristino necessari al VPLS SSP per ristabilire la connessione sono esattamente analoghi a quelli osservati nel test precedente (20 ms e 30 ms), e rappresentano anche in questo caso una conferma della correttezza del metodo utilizzato.

Da un'analisi soggettiva della qualità percepita dall'utente, si conclude che anche in questo caso il flusso video non perde continuità e per tanto il servizio non è compromesso. Grazie alla velocità del ripristino VPLS SSP si presentano solo dei fenomeni di blocchettizzazione. Quanto la blocchettizzazione sia marcata dipende sia dal tempo necessario al ripristino, sia da quali dati della codifica video sono andati persi, in ogni caso però il codec video riesce a ricostruire il video. fig.3.22 un esempio di quadro della sequenza video nel momento del guasto alla rete del Provider:



*Figura 3.22 Qualità percepita su un flusso HD MPEG2 con VPLS SSP*

Analizzando i flussi video sottoposti a test, si evidenzia che i circa 10 ms in più necessari al ripristino effettuato attraverso il VPLS SSP portano a una blocchettizzazione più marcata e facilmente individuabile nella sequenza video.

In ogni caso, i risultati ottenuti sulle prove soggettive di qualità percepita dimostrano che le tecniche di ripristino utilizzate (VPLS FRR e VPLS SSP) sono perfettamente adatte a

---

proteggere servizi sensibili al ritardo di attraversamento della rete (Delay-Sensitive) di tipo Real Time. Inoltre, con questa sperimentazione si è dimostrato che queste tecniche assicurano la continuità del servizio per servizi Delay-Sensitive di tipo a larga banda come i video ad alta definizione. Risulta immediato estendere questi risultati anche a servizi Delay-Sensitive a banda stretta come il traffico telefonico.

### *3.3.11 Multi Homing*

La tecnica di ripristino del Multi Home rende possibile proteggere il segmento di rete che interconnette Customer Edge e Provider Edge.

Si hanno delle forti differenze tra le tecniche di ripristino precedentemente analizzate e il Multi Home, tra queste la più rilevante è senza dubbio la radicale differenza a livello tecnologico che si ha tra i due tratti di rete. Infatti la rete del Provider è costituita da un dominio MPLS, mentre l'interconnessione tra PE e CE è composta da una semplice VLAN Ethernet.

Questa differenza tecnologica implica che nei due tratti della rete non si possono sfruttare le stesse tecniche di ripristino; in particolare se nella rete del Provider l'infrastruttura MPLS fornisce al servizio VPLS delle tecniche di protezione molto efficienti, sul tratto tra PE e CE viene utilizzato solamente il protocollo Ethernet, e pertanto non esistono dei veri e propri sistemi di gestione dei guasti.

Il Multi Home rappresenta un esempio di tecnica di Rerouting; infatti a differenza delle tecniche di Protezione (come il Fast Reroute e il Secondary Path) non esiste una pianificazione preventiva delle operazioni da effettuare dopo il guasto, bensì il dirottamento del traffico sulle risorse di backup segue le normali procedure di instradamento.

L'assenza di un vero e proprio meccanismo di protezione è in parte giustificata dal fatto che questa zona della rete non è interessata dallo stesso livello di aggregazione del traffico pari a quella della Core Network.

Pertanto, in questo tratto della rete non ci si attendono delle prestazioni in termini di ripristino e affidabilità comparabili con quelle delle due tecniche viste in precedenza. Il Multi Home intende assicurare che il servizio VPLS sia comunque protetto da guasti sul tratto della rete tra PE e CE, gestendo un collegamento ridondante tra il CE e la rete di trasporto VPLS/MPLS. Questo tipo di protezione assicura la raggiungibilità del sito del Customer, ma, come sarà evidente in seguito, non garantisce tempi di ripristino contenuti.

L'unico obiettivo di questa tecnica è quello di garantire che un guasto sulla linea tra Customer e Provider non crei un fuori servizio permanente, rendendo irraggiungibile il sito del Customer.

Si è impostato il Multi Home sulla rete sperimentale, arrivando ad ottenere la seguente topologia del servizio VPLS (fig. 3.23).

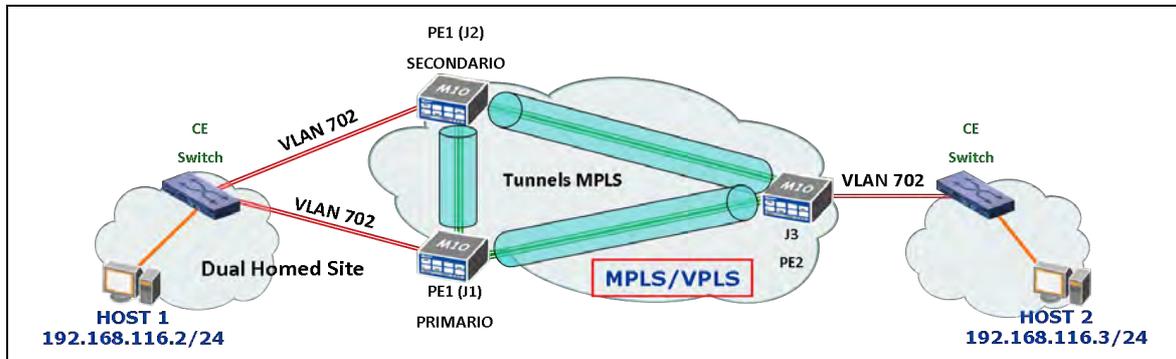


Figura 3.23 Topologia VPLS Multi Home

Si è scelto di implementare il Multi Home utilizzando come Customer Edge due Switch Ethernet, in modo da non perdere di generalità e assicurarsi che sul tratto tra CE e PE siano effettivamente attivi solo protocolli di livello 2. Inoltre, tramite questo accorgimento si può dimostrare che la complessità del meccanismo di protezione di questo tratto di rete è comunque a carico degli apparati del Provider.

A commento della topologia di rete illustrata nella fig. 3.23 si deve sottolineare che i due Router Juniper 1 e Juniper 2 sono effettivamente due unità separate, ben distinte anche dal punto di vista dell'istadamento dei Tunnel MPLS; dal punto di vista VPLS invece si affacciano verso un unico sito del Customer e possono quindi essere considerati come coincidenti.

### 3.3.12 Tempo di ripristino Multi Home

Il Multi Homing offre dei tempi di ripristino significativamente più lunghi rispetto al Fast Reroute e allo Standby Secondary Path, questa differenza di prestazione è tollerabile poiché sul link tra PE e CE si ha un livello di aggregazione del traffico inferiore rispetto ai link del Provider, e in secondo luogo perché sul link tra PE e CE non sono richieste caratteristiche di tipo "Carrier".

Per il Multi Homing si effettuano dei test molto differenti rispetto a quelli visti per le tecniche di ripristino precedentemente analizzate, in particolare non è effettuato il test automatizzato su mille eventi di guasto. Infatti per il Multi Home si hanno dei tempi di ripristino così elevati che non è di nessun interesse valutare un tempo medio in modo così accurato.

In particolare, per questo tratto della rete non ha senso un confronto con le prestazioni delle reti TDM, e di conseguenza non c'è bisogno di una accuratezza così elevata. D'altra parte, semplicemente osservando l'ordine di grandezza dei tempi di ripristino del Multi Home, su un numero di prove limitato, appare subito evidente che i tempi sono così elevati da generare un disservizio molto pronunciato sull'utente finale.

Si ricorda però che il Multi Homing non ha l'obiettivo di garantire dei tempi di ripristino di tipo Carrier, bensì ha lo scopo garantire la connettività tra rete del Customer e del Provider, evitando che il link che interconnette PE e CE costituisca un singolo punto di fallimento. In altre parole senza l'utilizzo del Multi Homing un guasto del link tra PE e CE porterebbe al completo isolamento del Customer dal resto della rete.

Per misurare i tempi di ripristino del Multi Homing si sono effettuati dei test con il generatore/analizzatore di traffico Anritsu, valutando le variazioni dei tempi di interarrivo dei frame come era stato fatto per misurare i tempi medi di ripristino del VPLS FRR e SSP.

Le misure dei tempi di ripristino sono state effettuate su un flusso a 1 Gbit/s con frame a 512 bytes, inoltre si sono considerati entrambi i versi di percorrenza, effettuando il test sia con un flusso che va dall'Host 1 all'Host 2 sia viceversa. Questa differenziazione si è resa necessaria in quanto nel primo caso il Multi Homing protegge la connettività della sorgente, nel secondo la connettività del destinatario.

In Figura sono rappresentati i due diversi flussi considerati per il test.

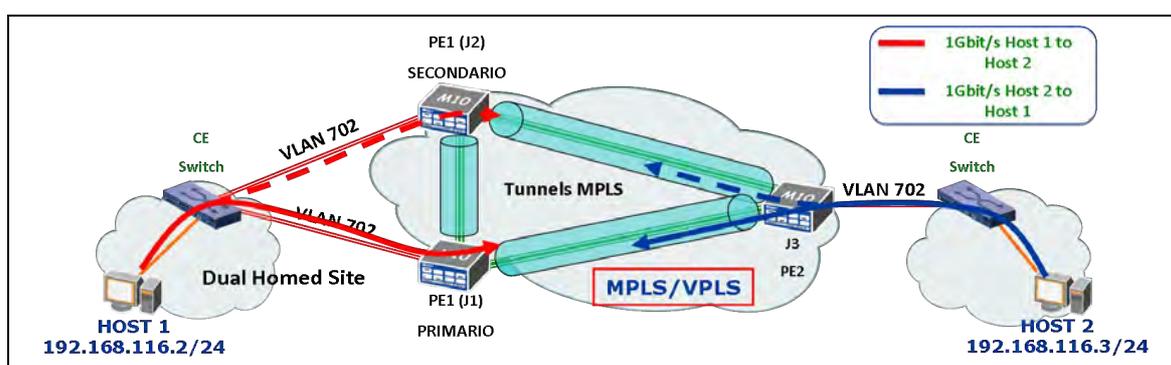


Figura 3.24 Test sul Multi Homing

Dallo schema appare evidente che a cambiare non sono solamente i versi di percorrenza della rete, ma in un caso il rerouting viene effettuato dal CE1 verso uno dei due PE, mentre nell'altro caso il traffico viene reinstradato su un LSP differente dal PE2. Quindi è evidente che gli apparati responsabili del Rerouting non solo hanno un ruolo diverso all'interno dell'istanza VPLS, ma in questo specifico caso sono addirittura due apparati differenti: nel primo caso uno Switch (Host1 to Host2) nel secondo un Router di Core (Host1 to Host2).

Si sono effettuati 40 test indipendenti per parte, i relativi tempi di ripristino, valutati mediante la variazione dei tempi di interarrivo dei pacchetti, sono riportati nelle seguenti tabelle.

Tempi di ripristino Multi Home (secondi)					
Num. Prova	Flusso Host1 to Host2	Flusso Host2 to Host1	Num. Prova	Flusso Host1 to Host2	Flusso Host2 to Host1
1	1.8	1.6	21	2.0	1.0
2	2.0	1.6	22	2.0	1.8
3	2.0	1.5	23	1.9	1.8
4	1.6	1.5	24	1.7	1.8
5	1.9	1.7	25	1.7	1.8
6	1.9	1.5	26	2.0	1.9
7	1.8	1.9	27	1.8	1.6
8	1.9	1.8	28	1.9	1.5
9	1.8	1.8	29	1.9	1.9
10	1.8	1.8	30	1.6	1.7
11	1.8	1.8	31	2.0	1.9
12	1.9	1.8	32	1.8	1.1
13	1.9	1.7	33	1.7	1.7
14	1.8	1.5	34	1.9	1.5
15	1.6	1.6	35	1.9	1.2
16	1.7	1.7	36	1.5	1.2
17	2.0	1.9	37	1.8	1.7
18	1.9	1.7	38	1.9	1.8
19	1.8	1.6	39	1.8	1.7
20	2.1	2.0	40	2.0	2.0
Tempo medio ripristino Host1 to Host2			1.85 secondi		
Tempo medio ripristino Host2 to Host1			1.67 secondi		

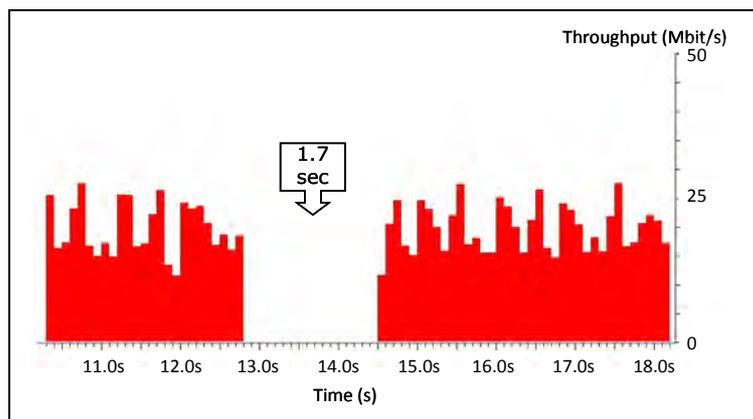
I tempi di ripristino riscontrati sono molto elevati, tipici di tecniche di Rerouting.

Tra PE e CE non è presente nessun protocollo esplicito per la gestione dei guasti e per il ripristino; il Multi Homing garantisce semplicemente la ridondanza della connessione tra Customer Site e Provider Site.

Anche per il Multi Home si è verificato l'impatto del guasto su uno Streaming Video MPEG2 a 20 Mbit/s. Il flusso è inviato tra un Server che fa parte nel sito 1 e un Client nel sito 2. Un servizio televisivo Delay-Sensitive risente molto di tempi di fuori servizio così elevati. Nello specifico la visualizzazione del video da parte del client viene interrotta, bloccandosi finché la connessione non viene ristabilita. Infatti il numero di frame persi, in presenza di tempi di ripristino così elevati, non consente al codec video di ricostruire correttamente il video, nonostante siano utilizzate tecniche di correzione d'errore.

Il meccanismo di ripristino Multi Home non riesce a mascherare efficacemente all'utente finale il guasto della rete, e per un servizio video questo si traduce in una interruzione della continuità del servizio stesso.

Inoltre, per confermare i tempi misurati mediante la variazione dei tempi di interarrivo dei frame, è stata effettuata una cattura del flusso video tramite Wireshark. Tale cattura ha reso possibile graficare l'andamento del Throughput, grazie a questo grafico si può individuare il periodo di tempo di fuori servizio nel quale non arrivano i pacchetti. Il dettaglio dell'interruzione di connettività è riportato in Figura .



*Figura 3.25 Throughput vs. Tempo (Tempo di Ripristino VPLS Multi Homing 1.7 sec)*

Dall'andamento del grafico vengono confermati i valori determinati nei precedenti test, valutando le variazioni dei tempi di interarrivo.

Si conclude che il Multi Homing realizza il ripristino in tempi molto lunghi, non adatti a supportare servizi Delay-Sensitive e a offrire prestazioni Carrier. Questo risultato non è inaspettato ed è dovuto al fatto che sulla linea tra PE e CE è presente unicamente il protocollo Ethernet che non presenta funzionalità dedicate al ripristino veloce della rete.

### ***3.3.13 Panoramica conclusiva dei risultati ottenuti***

I risultati sperimentali ottenuti con i test descritti in questo capitolo consentono di caratterizzare, quantitativamente e qualitativamente, le tecniche di ripristino utilizzabili su reti ottiche di nuova concezione Gigabit Ethernet ad estensione geografica.

Utilizzando un servizio VPLS come tecnologia di trasporto di livello due basata sulla commutazione a pacchetto, si è dimostrato di poter sfruttare in modo ottimale le tecniche di ripristino MPLS.

Il primo risultato ottenuto, infatti, è proprio quello di aver verificato che le tecniche di ripristino MPLS garantiscono le stesse performance, in termini di tempi di ripristino anche se utilizzate a protezione di un servizio VPLS.

---

Ottenuta questa conferma, è stato possibile valutare quantitativamente, per ciascuna tecnica, i tempi di ripristino, che rappresentano il parametro critico per stabilire l'affidabilità della rete sotto osservazione.

Per il VPLS Fast Reroute si è ottenuto un tempo di ripristino medio di 26.3 ms, mentre per il VPLS Standby Secondary Path il tempo di ripristino medio osservato è di 36.7 ms.

Il Fast Reroute offre certamente delle prestazioni migliori, ma è evidente che entrambe le tecniche garantiscono tempi di ripristino inferiori al riferimento di 50 ms, fissato dalle tecniche di ripristino delle tradizionali reti TDM, come ad esempio SDH.

I tempi trovati per le due tecniche di ripristino VPLS sono stati confermati dai test di Throughput, grazie ai quali è possibile visualizzare in modo molto rappresentativo l'interruzione dovuta al guasto.

Inoltre, si è scelto di osservare qualitativamente come le tecniche di ripristino possano limitare l'impatto del guasto sulla qualità dei servizi fruiti dall'utente. Si è così evidenziato che un servizio in un servizio IP-TV il deterioramento dell'immagine è assolutamente marginale, ma leggermente più marcato nel caso si utilizzi il VPLS Standby Secondary Path.

A conclusione dell'attività sperimentale, per completare la panoramica sulle tecniche di ripristino VPLS si è analizzato il comportamento del VPLS Multi-Home, questa è una tecnica di Rerouting e come tale effettua il ripristino delle funzionalità di rete in tempi molto maggiori (1.8 secondi in media) rispetto alle tecniche di protection switching VPLS basate sull'MPLS.

### 3.4 Integrazione del digitale terrestre con le reti NGN: la trasmissione DVB-T su Fibra Ottica

La diffusione del digitale terrestre in Italia ha raggiunto ottimi livelli e in alcune regioni è già cominciato lo switch off del segnale analogico. Rimangono tuttavia ancora delle zone dove non vi è copertura digitale e il segnale analogico rimane comunque mediocre. A questo poi dobbiamo aggiungere anche la probabile mancanza della connettività internet a banda larga. Ci si pone quindi il quesito se sia possibile, congiuntamente allo sviluppo della banda larga, supportare entrambi i servizi sfruttando una sola delle due tecnologie, e cioè convogliare il segnale DVB-T attraverso la fibra ottica.

#### 3.4.1 Considerazioni teoriche

Il sistema DVB-T in Italia si basa sulla trasmissione SFN (Single Frequency Network) in banda UHF e larghezza di banda 8 MHz (per alcuni MUX anche 7 MHz). I metodi di modulazione in banda base ammessi sono QPSK, 16-QAM e 64-QAM.

L'offset trasmissivo UHF rimane tra i 166 MHz e i circa 900 MHz.

Per inviare il segnale digitale terrestre in una zona in cui non c'è copertura, ma è invece presente una copertura in fibra ottica, occorre trasformare in ottico il segnale RF all'uscita di un antenna localizzata in una zona in cui vi è copertura DVB-T.

Quello di cui abbiamo quindi bisogno è un modulatore in grado di trasformare il segnale RF compreso nel range sopra indicato in un segnale digitale da trasmettere in fibra ottica e di un demodulatore in grado di ricostruire il segnale RF originario. Di seguito riportiamo uno schema dell'idea:

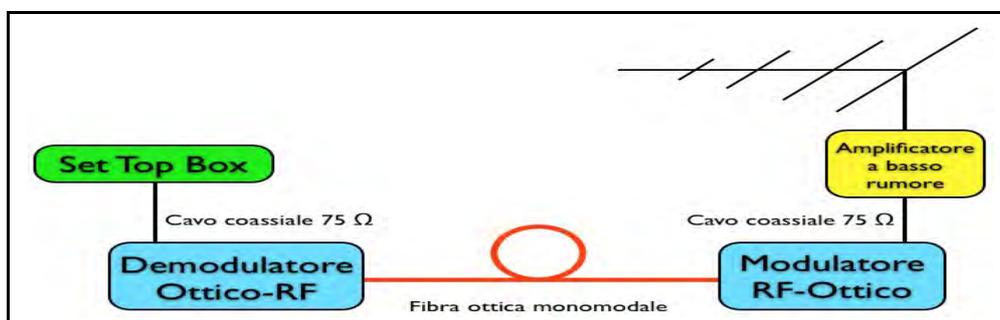


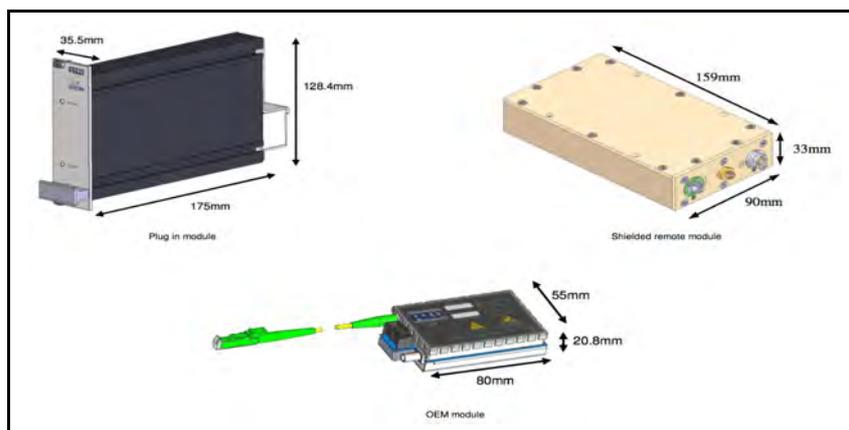
Fig. 3.26 schema per la conversione di un segnale DVT-T in ottico.

Quello di cui si necessita è l'apparato hardware in grado di effettuare la modulazione e la demodulazione del segnale RF. Esistono diversi produttori di questo tipo di hardware;

nell'analisi considereremo quello della ViaLite di cui è stato possibile reperire le caratteristiche tecniche.

L'apparato è disponibile in diverse forme (plug-in da rack, schermato o OEM) la più performante delle quali è sicuramente la versione da rack 19".

Di seguito gli apparati a confronto:



*Fig. 3.27: confronto tra apparati per conversione in segnale ottico.*

Gli elementi comuni sono ovviamente l'alimentazione 12 V, l'input-output RF di tipo BNC a 75  $\Omega$  e l'input-output ottico. Tra le caratteristiche di quest'ultimo la presenza di diverse combinazioni:

- 1310 nm  $\pm$  20 nm
- 1550 nm  $\pm$  20 nm
- CWDM con  $\lambda$  comprese tra i 1470 e i 1610 nm intervallate di 20 nm con tolleranza di  $\pm$  3 nm

Altro dato importante è la lunghezza massima prevista del collegamento in fibra, si tratta di massimo 30 Km.

Di seguito sono riportate le specifiche tecniche complete dell'apparato modulatore. Da notare la larghezza di banda nella quale opera, 200-900 MHz, che riesce a includere + del 90 % dello spettro utilizzato in Italia dal DVB-T.

**Bandwidth**

Bandwidth	200 – 900MHz
-----------	--------------

**Gain**

RF Link Gain at 0dB optical loss	0dB $\pm$ 3dB Subtract [2 x Optical Loss]dB for >0dB optical loss Optical Losses: Fibre = 0.4dB/km typ. Connectors = 0.5dB per connector typ.
Gain Stability over Temperature Tx Rx	< $\pm$ 3dB over operating range <0.08dB/ $^{\circ}$ C below 40 $^{\circ}$ C typ. <0.1dB/ $^{\circ}$ C above 40 $^{\circ}$ C typ. <0.05dB/ $^{\circ}$ C typ.

**Dynamic Range**

Input Third Order Intercept	>0dBm
Input P1dB	>-10dBm
Noise Figure	<18dB, at 0dB optical loss

**User Interface**

Input/Output Impedance, VSWR	75 $\Omega$ , $\leq$ 2:1
Power LED	Indicates DC power is applied to the module
Transmitter Status LED	Green: Transmitter laser functioning Red: Transmitter laser degraded
Receiver Status LED	Green: Received light level above threshold (threshold factory set to nominal 20dB optical / 40dB electrical loss) Red: Received light level below threshold
Transmitter Alarm Output	Current sink "Laser Degraded" Alarm
Receiver Alarm Output & Monitor	Current sink "Light Low" Alarm Analogue Received Light Level (RLL) monitor. RLL monitor voltage = 7.75V for a gain of 0dB and reduces by 0.125V per dB of RF link loss due to losses in the optical path.
RF Connector	75 $\Omega$ BNC Female
External LNA Supply Voltage Option on optical transmitter	+12V @ 350mA
Optical Connector	E2000/APC Narrow key, >60dB return loss, Suhner FCPC-Z/M-A601
Monitor & Alarm Interface Rack plug-in module Shielded remote module Converter Sleeve	15pin female D-type on 19" rack case backplane 8pin female Lemo 1B 15pin female D-type
Current Consumption	Transmitter <4.5W, Receiver <4W

**Operating Conditions**

Absolute Maximum RF Input (RF in)	>+15dBm, 20Vdc
Optical	>60dB return loss. E2000/APC Narrow key narrow key connector. Use with other types may compromise system performance.
Operating Temperature Rack plug-in module Shielded remote module	0 $^{\circ}$ C to +40 $^{\circ}$ C -20 $^{\circ}$ C to +50 $^{\circ}$ C
Storage Temperature	-40 $^{\circ}$ C to +70 $^{\circ}$ C

**Optical Characteristics**

Wavelength	1310 $\pm$ 20nm
Fibre	Single-mode 9/125, Corning SMF28 or equivalent
Output Power	+4.5dBm/3mW nominal

All parameters are specified after a 15minute warm-up.

### 3.4.2 Integrazione con la rete di accesso

L'applicazione più ovvia per tale tecnologia è l'integrazione con le reti PON ove la spesa della stesura di fibra risulti più contenuta rispetto all'aggiornamento dell'infrastruttura radio per la copertura DVB-T sommata al costo dell'infrastruttura per la connettività IP.

L'idea di base è quella di inserire tramite accoppiatore il segnale DVB-T in uscita al modulatore ottico andando ad occupare una  $\lambda$  che non interferisca con quelle utilizzate dalle PON per la connettività IP.

Di seguito riporto uno schema per l'integrazione delle due tecnologie:

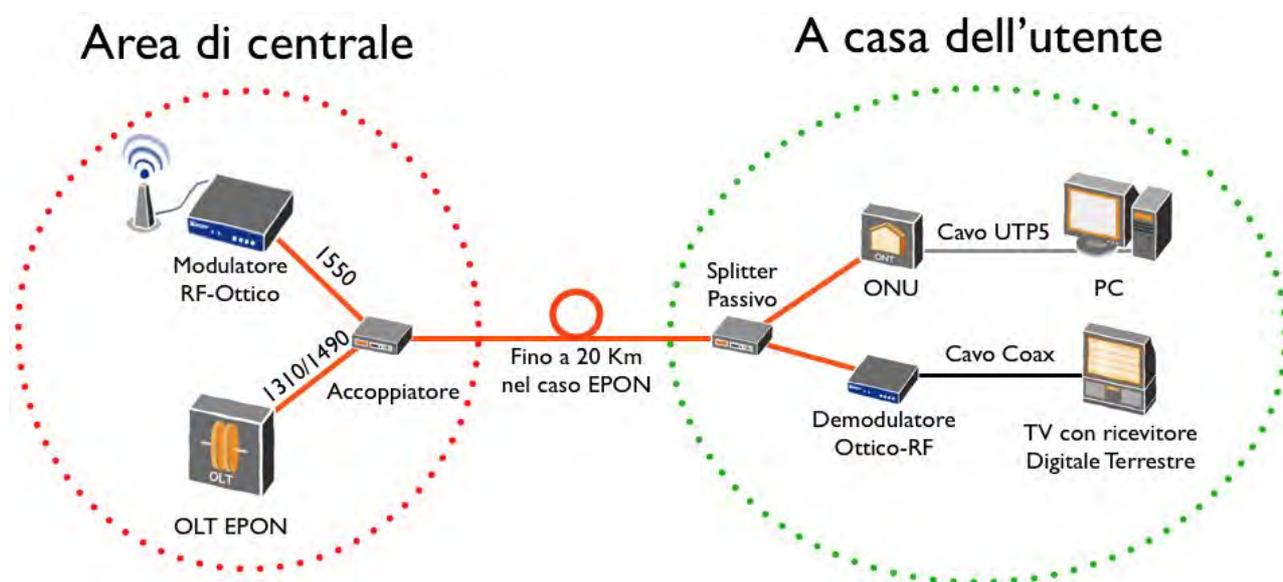


Fig. 3.28: Integrazione del sistema per la diffusione ottica del segnale DVB-T in una rete PON

Nel caso di EPON dalla OLT in centrale parte un cavo in fibra monomodale che incorpora UP e DOWN sulla medesima fibra utilizzando le seguenti lunghezze d'onda: 1310/1490 nm rispettivamente.

La lunghezza massima della fibra senza bisogno di amplificazione raggiunge i 20 Km nel caso EPON.

L'inserimento del segnale DVB-T potrebbe tranquillamente avvenire utilizzando l'interfaccia ottica di default a 1550 nm senza incontrare problemi di interferenza ottica.

Per la reale implementazione di questa tecnica occorrerà verificare la compatibilità con l'infrastruttura EPON che prevede delle sezioni di splittaggio passivo prima di arrivare a casa dell'utente ( attualmente siamo a circa 32 ONU servite da singola OLT ). C'è quindi da verificare la robustezza del segnale modulato proprio a seguito di tali suddivisioni di potenza.

---

Si potrebbe inoltre verificare il comportamento a seguito di amplificazione ottica nel caso in cui i 20 Km non fossero sufficienti per arrivare alla sezione di splitting dall'area di centrale.

---

## **4 Specifiche tecniche e scenari di introduzione della Televisione ad Alta Definizione (HDTV)**

Allo scopo di prevenire una situazione ingiustificatamente frammentaria e diversificata, penalizzante per gli utenti italiani, dal punto di vista degli standard tecnici riguardanti l'offerta di prodotti e di contenuti ad alta definizione, nel 2005 la Fondazione Ugo Bordoni, come ente super partes, veniva invitata da alcuni broadcaster e alcuni costruttori di apparati a farsi promotrice di un HD Forum italiano. Dopo una serie di riunioni informali, con cui si è verificata la disponibilità ad avere in cordata i maggiori attori di mercato nel campo del broadcasting, tale organismo è stato formalmente costituito nel settembre 2006, con sede legale presso la Fondazione Bordoni, affidando alla FUB il primo mandato di Presidenza (di carattere transitorio e della durata di nove mesi). Per sottolineare il carattere di associato super partes, la FUB figura nello statuto con uno status speciale, in virtù del quale detiene in permanenza la titolarità del posto di Vicepresidente Vicario. Da allora la Fondazione Ugo Bordoni contribuisce costantemente e regolarmente sia alle attività di specifica tecnica e di disseminazione delle caratteristiche tecniche dell'Alta Definizione, che HD Forum porta avanti attraverso un suo Gruppo di Lavoro operativo, sia alle attività di pianificazione degli scenari di introduzione dell'Alta Definizione. Altri compiti assicurati specificamente dalla FUB sono la rappresentazione delle posizioni tecniche di HD Forum Italia presso lo European HD Forum, un organismo voluto da EBU (unione europea dei broadcaster pubblici) e DIF (associazione europea dei broadcaster privati) e il coordinamento tecnico-scientifico di eventi di diffusione dei risultati.

### **4.1 Descrizione dell'attività del 2009.**

Partendo dall'obiettivo che l'Alta Definizione deve essere un servizio fruibile su tutte le piattaforme di diffusione (DVB-T, DVB-S, IPTV, packaged media), HD Forum Italia ha lavorato alla prosecuzione di un progetto "HD Book Collection" in cinque volumi: un volume per tutti gli aspetti indipendenti dalla piattaforma di diffusione e quattro volumi dedicati specificamente alle singole piattaforme. A fine 2008 risultava realizzato il volume denominato HD-Book DTT, riguardante il DVB-T, che fornisce le specifiche per apparati (decoder e televisori digitali integrati) idonei a ricevere l'Alta Definizione su digitale terrestre e retro-compatibili con la televisione a definizione standard su DTT.

---

La Fondazione ha assicurato con suoi esperti non solo un contributo tecnico ma anche di coordinamento di tutte le attività descritte nel seguito di questo paragrafo. Nel corso del 2009, è stato prodotto un ulteriore volume, denominato HD-Book SAT, relativo ad una piattaforma satellitare aperta, con caratteristiche funzionali simili a quelle raccomandate nel volume dedicato al DVB-T, vale a dire presenza della piattaforma interattiva MHP, di un canale di ritorno e di un sistema di accesso condizionato in grado di accettare i diversi standard di crittazione scelti dai maggiori broadcaster nazionali (embedded per i decoder e basato su Common Interface Plus per i televisori con ricevitore integrato). Il canale di ritorno prescritto è a banda larga ed è pensato non solo per i servizi interattivi, ma anche per l'accesso a contenuti audio-video in rete, tramite protocollo IP (funzionalità nota come BroadBand Addendum alle funzionalità DVB). Il volume HD-Book SAT, preparato in concerto con esperti del consorzio TivuSat, rappresenta un importante contributo tecnico al progresso della trasformazione digitale dell'Italia, in quanto indirizza proprio le specifiche dei ricevitori satellitari per il mercato aperto, che stanno sostituendo la ricezione analogica terrestre in tutte quelle aree in cui non è economicamente sostenibile arrivare con il digitale terrestre.

La Fondazione ha assicurato la disseminazione dei risultati di questo lavoro, presentando in Spagna le specifiche italiane sull'Alta Definizione in tre eventi: European HD Forum, Madrid (gennaio 2009), Forum sulla TV Digitale, Murcia (maggio 2009) e Corso estivo di aggiornamento internazionale sulla TV digitale, rivolto ad una delegazione di esperti dell'America Latina, organizzato dalla Universidad Internacional Menendez-Pelayo, nella sua sede di Santander (giugno 2009). Le relazioni con la Spagna sono abbastanza intense, perché la situazione spagnola, dal punto di vista della situazione di partenza (televisione terrestre analogica molto diffusa, conformazione geografica del territorio, forte presenza di tv locali, anche se comunitarie piuttosto che private) è la più vicina a quella italiana (che comunque resta molto peculiare nel panorama europeo).

In considerazione del fatto che nel corso del 2009, lo switch-off ha interessato tre importanti aree del Paese (Piemonte occidentale, Lazio e Campania), si è lavorato molto anche in termini di comunicazione e promozione dell'Alta Definizione, in quanto l'occasione irripetibile, di grande rinnovo degli apparati televisiva, poteva essere colta dall'utente per acquistare direttamente ricevitori DTT già equipaggiati per l'Alta Definizione, sia dal punto di vista della capacità di visualizzare contenuti HD, sia dal punto di vista della capacità di decodificare contenuti HD. A tale scopo, a valle dell'uscita dello HD-Book si sono messe a punto, tramite

---

cooperazione fra HD Forum Italia e DGTVi, le procedure per il riconoscimento dell'autocertificazione volontaria, da parte dei produttori di ricevitori HD, di conformità alle specifiche dello HD-Book DTT, mediante la definizione di un apposito "Bollino Gold".

Sempre con l'obiettivo di una comunicazione tecnica quanto più ampia possibile, HD Forum Italia, ha assicurato, con contributi FUB alla pianificazione dei contenuti e allo svolgimento delle sessioni, la presenza ai seguenti eventi B2C:

- Manifestazione SatExpo Europe, presso la Fiera di Roma (marzo 2009).
- Manifestazione Prix Italia, Torino (settembre 2009). In tale contesto, un rappresentante FUB ha presieduto la giuria di valutazione dei migliori filmati prodotti in alta definizione (dal punto di vista sia dei contenuti sia della qualità tecnica).
- Manifestazione BBF/ExpoComm 2009, presso la Fiera di Roma (novembre 2009).

In tutti i suddetti eventi, è stata assicurata la celebrazione di apposita conferenza sull'Alta Definizione (in particolare, BBF/ExpoComm ha ospitato la conferenza istituzionale annuale di HD Forum Italia) ed è stato organizzato uno stand espositivo, dedicato non solo alla mostra di contenuti ad alta definizione e delle pubblicazioni di HD Forum Italia, ma anche di decoder rispondenti alle specifiche del bollino Gold.

---

## 5 Caratterizzazione e sperimentazione di apparati per la ricezione DVB-T

### 5.1 Test bed per la verifica delle funzionalità dei decoder

Il passaggio alla televisione digitale terrestre comporta che gli utenti si dotino di un decoder digitale o di un televisore dotato di sintonizzatore DVB-T.

Per le aree all-digital la legge finanziaria del 2007 (Legge 296/06) ha istituito un fondo per il passaggio al digitale, che prevede forme di finanziamento a favore delle Regioni, delle emittenti locali e dei cittadini con l'erogazione di un contributo statale per l'acquisto di decoder. Per questi decoder, e comunque per tutti quelli posti in commercio, deve essere assicurata la piena rispondenza ai requisiti imposti per il mercato italiano dai vari enti e organismi regolatori (AGCOM, EICTA, DVB, DGTVi, CEI, ecc.). E' stato quindi allestito nei laboratori FUB un opportuno test bed per la verifica delle caratteristiche funzionali dei decoder, con particolare attenzione a quelle di maggior impatto per gli utenti:

- procedure di sintonizzazione;
- sintonizzazione in Banda III VHF (canalizzazione italiana e europea);
- numerazione automatica dei canali.

Lo schema del test bed per la verifica delle caratteristiche funzionali dei decoder è illustrato in Figura 5.1.

Per il suo allestimento si sono resi necessari:

- la preparazione di un multiplex digitale di test composto da alcuni programmi audio/video e servizi;
- la predisposizione e taratura di un sistema di modulazione e trasmissione sui canali interessati;
- la distribuzione del segnale in RF ai decoder

Il multiplex di test (Figura 5.2) è stato ottenuto multiplando quattro diversi programmi e servizi provenienti da quattro diverse sorgenti:

- "FUB Channel" contenente filmati di repertorio e alcuni servizi interattivi dal riproduttore di TS;
- "FUB Live" contenente il segnale audio/video prelevato da una videocamera all'interno del laboratorio dal codificatore MPEG2;
- "Servizi Interattivi" contenente alcuni servizi di pubblica utilità dal server applicativo;

- “FUB Sat” contenente la ritrasmissione di un programma proveniente da satellite (es. Senato, Camera dei Deputati, ecc.) dal ricevitore satellitare.

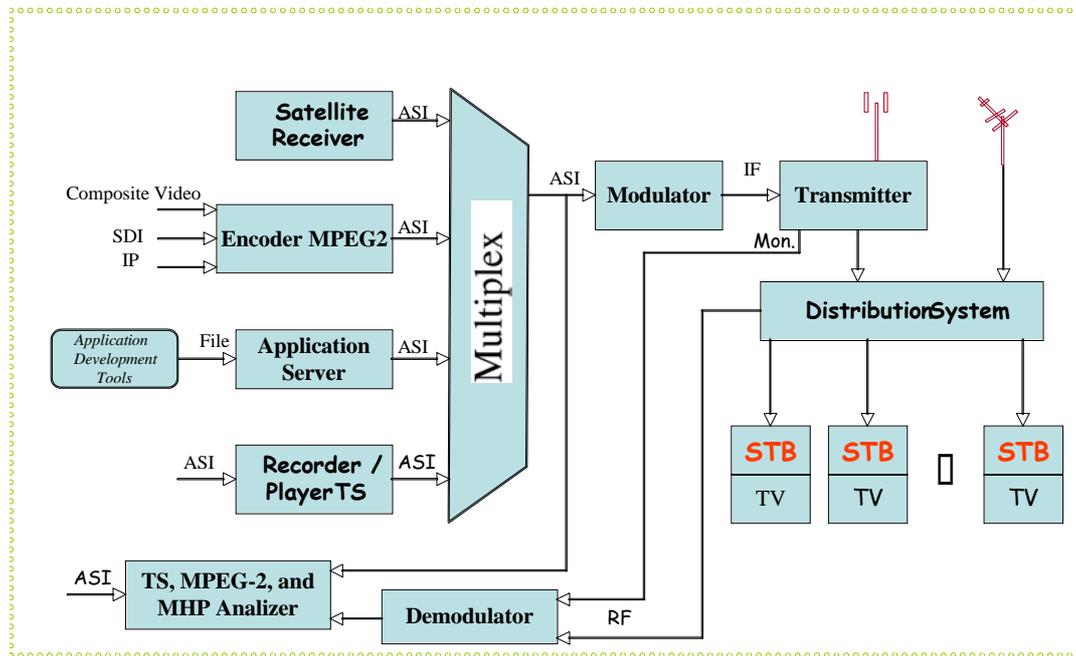


Figura 5.1: Test bed per la verifica delle caratteristiche funzionali dei decoder

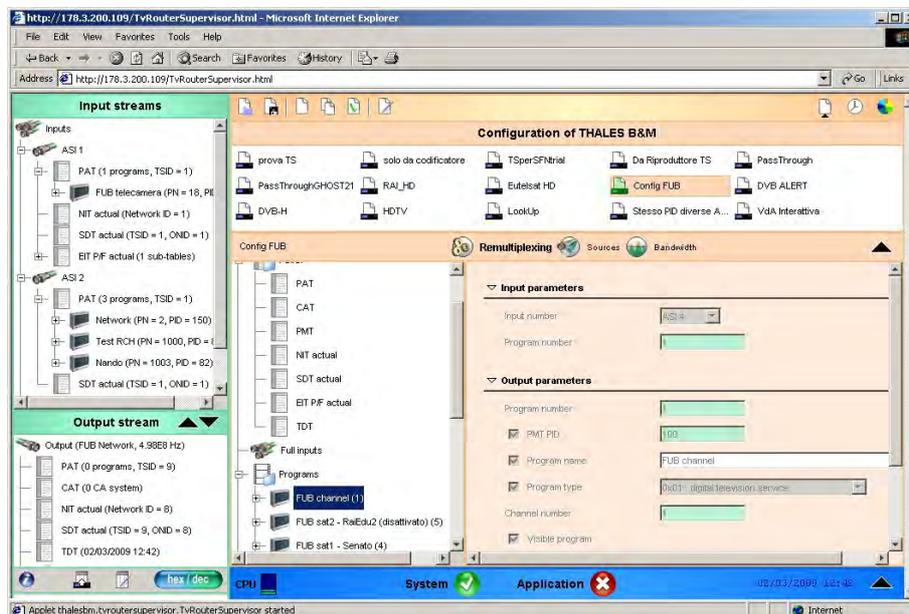


Figura 5.2: Generazione del multiplex di test

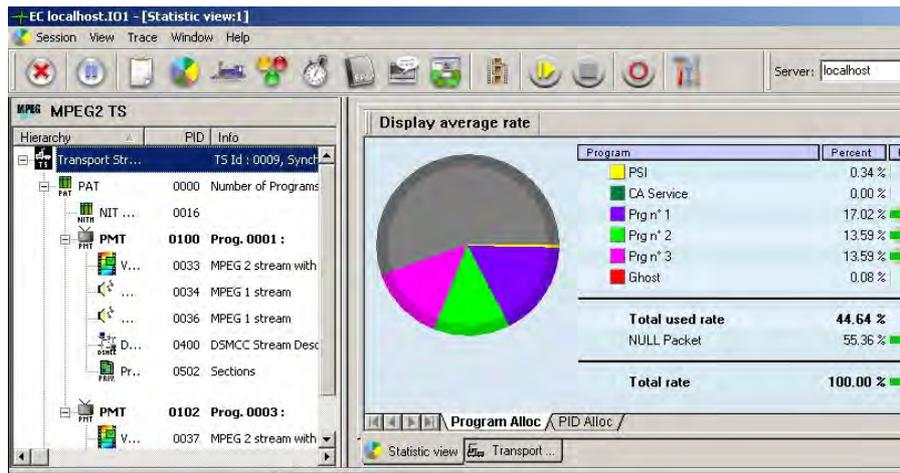


Figura 5.3: Composizione del multiplex di test

Il sistema di modulazione e trasmissione è costituito da due coppie di modulatore COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) e trasmettitore di bassa potenza. I due modulatori sono sostanzialmente identici e sono conformi allo standard ETSI 300 744. La loro funzione è quella di convertire il segnale MPEG2 Transport Stream proveniente dal Multiplexer in un segnale COFDM centrato sulla frequenza IF di 36,2 MHz se si utilizza una larghezza di banda di 8MHz o di 36,3 MHz nel caso di una larghezza di banda di 7MHz .

Le specifiche tecniche generali dei due modulatori sono le seguenti:

- Modo: 2K, 8K
- FEC:  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{5}{6}$ ,  $\frac{7}{8}$
- Intervallo di guardia:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{32}$
- Modulazione: QPSK, 16 QAM, 64 QAM
- Larghezza di banda: 6MHz, 7MHz, 8MHz
- Tipo rete: MFN, SFN
- Ingresso 1: interfaccia ASI o SPI
- Ingresso 2: interfaccia ASI
- Commutazione ingressi: manuale, automatica
- Adattamento bit rate di ingresso: automatico

I due trasmettitori sono accordati rispettivamente sui canali 24 UHF (frequenza centrale 498 MHz) e 9 VHF (frequenza centrale 205,5 MHz – canalizzazione europea). I segnali RF in uscita, opportunamente livellati, sono inviati attraverso un sistema di distribuzione ai decoder da sottoporre ai test.

## 5.2 La canalizzazione in Banda III VHF

Nella Banda III VHF la canalizzazione europea, confermata anche dalla “Regional Radio Conference GE06”, prevede una larghezza di 7 MHz così come quella attualmente utilizzata in Italia per l’analogico. I limiti di banda dei singoli canali e le frequenze centrali invece non sempre coincidono con quelli italiane. In particolare, come evidenziato dalla Tabella 5.1, tra i canali “italiani” E, F e G e quelli “europei” 6, 7, 8 e 9 c’è una differenza di 1,5, 3, 4 o 2 MHz a seconda della coppia di canali considerata (E-6, F-7, F-8, G-9 rispettivamente).

La transizione alla televisione digitale comporta parallelamente l’adeguamento della canalizzazione italiana nella Banda III VHF a quella europea. Da questo adeguamento possono scaturire alcuni problemi sia a carico dei decoder sia a carico degli impianti di ricezione.

Canalizzazione italiana			Canalizzazione europea		
Canale	Banda (MHz)	Frequenza centrale (MHz)	Canale	Banda (MHz)	Frequenza centrale (MHz)
D	174-181	177,5	5	174-181	177,5
E	182,5-189,5	186	6	181-188	184,5
F	191-198	194,5	7	188-195	191,5
G	200-207	203,5	8	195-202	198,5
H	209-216	212,5	9	202-209	205,5
H1	216-223	219,5	10	209-216	212,5
			11	216-223	219,5

Tabella 5.1: Canalizzazione in Banda III VHF (italiana ed europea)

I decoder, normalmente impostati in fase di installazione con il paese “Italia”, possono non riuscire a riconoscere la presenza di multiplex digitali trasmessi in bande non perfettamente coincidenti con quelle attese (frequenze centrali diverse) e quindi non presentare i relativi programmi agli utenti. Il sistema di trasmissione sul Ch 9 VHF (canalizzazione europea) descritto in precedenza è stato espressamente tarato e installato proprio per verificare il comportamento dei decoder in tale situazione.

## 5.3 La numerazione automatica dei canali

La numerazione automatica dei canali attraverso l’LCN (Logical Channel Number) permette di avere, in fase di sintonizzazione, il posizionamento dei programmi TV secondo un ordine definito (cfr. comma 10 della Delibera n. 663/06/CONS).

Non tutti i modelli di decoder prevedono la funzionalità di numerazione automatica dei canali. Per i modelli di decoder che la prevedono il test bed allestito permette di sperimentare il loro comportamento in caso di conflitti, ossia quando due o più programmi presentano lo stesso LCN. Nella generazione del TS di prova è sufficiente assegnare ai vari programmi dei valori di LCN uguali a quelli assegnati da altre emittenti.

In Figura 5.4 è mostrata l'assegnazione del valore "1" al programma FUB Channel. Questa assegnazione comporterà in fase di sintonizzazione dei canali un conflitto per l'attribuzione della posizione "1" sul telecomando tra FUB Channel e Raiuno (anch'esso trasmesso con LCN=1).

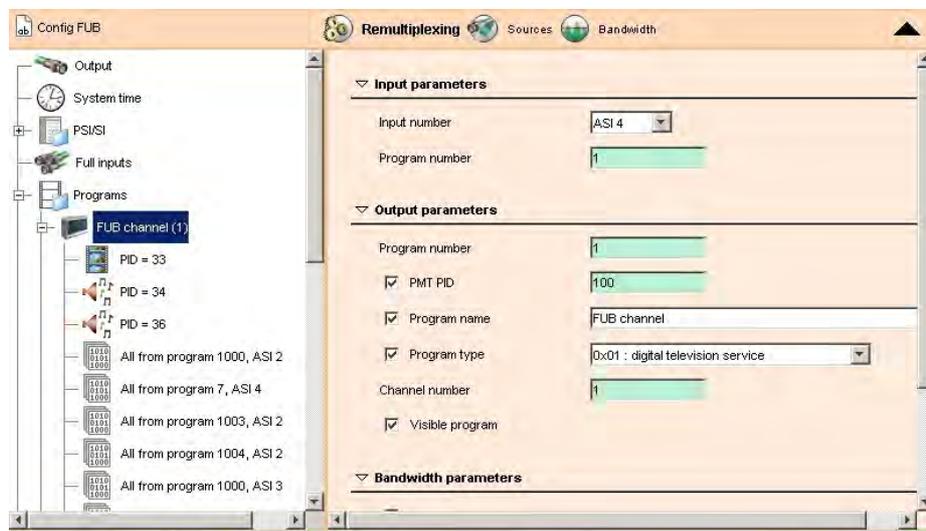


Figura 5.4: Assegnazione dell'LCN

## 5.4 Test dei decoder

L'attività in oggetto riguarda il processo di conformità dei decoder digitali terrestri rispetto alle specifiche attualmente in uso in Italia: Delibera AGCOM 216/CONS/00 e D-Book del DGTVi.

A tale scopo la Fondazione Ugo Bordoni ha definito e approntato una serie di misure tecniche sugli apparati e di procedure per la verifica delle funzionalità degli stessi. L'attività prevede: lo studio e l'analisi della Delibera AGCOM 216/CONS/00 e D-Book del DGTVi al fine di estrapolare tutte le caratteristiche da provare per la conformità; la definizione di una test suite completa suddivisa in tre livelli di priorità (High, Medium, Low);

- la definizione di una procedura di test per ognuno degli elementi della test suite;

- 
- l'analisi preliminare dei decoder;
  - il test dei decoder;
  - la stesura di un report sul test effettuato.

#### *5.4.1 Analisi dei documenti e definizione della test suite*

Il primo passo per individuare l'insieme dei test da effettuare è stato quello di analisi della Delibera AGCOM 216/CONS/00 e D-Book del DGTVi. Nell'Allegato A della delibera sono definite le specifiche tecniche per la realizzazione di sintonizzatori-decodificatori per la ricezione dei segnali di televisione digitale numerica. Il D-Book invece contiene le linee guida per la costruzione dei decoder interattivi per la tv digitale terrestre in Italia dettate dal DGTVi. Dall'analisi sono stati individuati oltre un centinaio di test relativi alle caratteristiche "obbligatorie" che gli apparati devono soddisfare.

##### Procedura di test

Individuati i singoli test da eseguire si sono definite le procedure "formali" per permettere ai tecnici incaricati di effettuare le prove in maniera univoca e ripetibile per i vari apparati. Per ognuno dei test sono state descritte le configurazioni relative al Multiplex, i settaggi di tutti gli apparati coinvolti, gli stream da mandare in onda, ecc. Alcuni esempi di procedure di test sono riportati nell'Allegato A.

---

## *5.5 Allegato A*

### ***Esempi di procedure di test***

#### **TS01 CAB MAN (25b)**

Verificare la presenza nella scatola del decoder del cavo di alimentazione e del manuale d'utente in italiano.

#### **TS02 INSTALL (23° / 21° / 01° / 02° / 16i / 17° / 16f / 16c / 16° / 05°)**

Prima di tutto caricare su Mercury lo stream fub channel +sd+ad. Caricare su Amber la configurazione TS02 INSTALL settando sul canale 24 (498 MHz) ed input ASI\_1 il Rhode Schwarz per l'invio di tre servizi (FUB Channel, FUB Sistema Digitale e FUB Ambiente Digitale con LCN rispettivamente di 1,2 e 3)

**23a** Verificare la presenza del software di gestione del decoder, dovrebbe avviarsi già a menu attivo, altrimenti richiamarlo tramite il tasto dedicato sul telecomando

**21a** Avviare la procedura di scansione monitorizzandone l'avanzamento e l'interrogazione di tutti i canali delle bande III, IV e V, 7 e 8 MHz

**01a, 02a** Verificare la presenza almeno dei tre canali FUB durante la sintonia.

**16i** Al termine della scansione verificare la presentazione all'utente del banner per la risoluzione dei conflitti, in caso affermativo:

per i conflitti riguardanti le posizioni 1,2 e 3 selezionare i tre canali RAI invece dei tre canali FUB

in caso negativo terminare la procedura di scansione

**17a** Verificare il salvataggio della Master User List Management

**16f, 16a, 16c** Visualizzare la lista canali tramite il tasto dedicato e scorrerla verificando la posizione dei tre canali FUB, la cui corretta assegnazione riguarda le posizioni della Main Overflow >850

**05a** Scegliere uno dei tre canali FUB e verificarne la corretta visualizzazione sia video che audio

#### **TS06 INV SER (16g)**

**16g** Caricare sul Muxer Amber la configurazione TS06 INV SER, avviare una sintonizzazione del decoder (non aggiornamento della lista canali) fino a dopo il CH 24.

Verificare quindi al termine della scansione il presentarsi dei conflitti solo di RAIUNO con FUB Channel.

---

I restanti due canali devono essere posizionati nella Main Overflow (oppure sono posizionati nel gruppo dei canali invisibili).

Posizionandosi quindi su di un canale immediatamente prima o dopo dei due canali FUB contrassegnati come invisibili e verificare che:

- Spostandosi con i tasti ch+ o ch- questi canali devono essere saltati dal decoder
- Selezionandoli invece tramite tastierino numerico o direttamente dalla lista canali il decoder deve sintonizzarsi su di essi

### **TS07 REM SER (16n)**

**16n** Caricare sul Muxer Amber la configurazione TS02 INSTALL, avviare una nuova sintonizzazione delle frequenze e risolvere i conflitti come per il primo test posizionando i tre canali FUB ai primi tre posti (fino a dopo il CH 24).

Successivamente caricare la configurazione TS07 REM SER 2. Se possibile fare l'aggiornamento dei canali e verificare che il canale Fub Channel Ambiente Digitale sia stato rimosso oppure che venga richiesto che venga rimosso. Infatti il canale FUB AD RIMOSSO (Ambiente digitale), è stato eliminato manualmente dalla NIT e dalla SDT.

Se non è possibile fare l'aggiornamento dei canali, fare un aggiornamento manuale sul CH24 posizionarsi su Fub Channel Ambiente Digitale e aspettare che appaia il banner "servizio non disponibile. Rimuovere SI / NO".

### **TS08 LCN CHK CONFLICT (16j / 16k / 16l / 16a /12f)**

Caricare la configurazione TS08 LCN CHK CONFLICT e effettuare nuovamente una sintonizzazione completa:

**12f** Verificare la sintonizzazione con collocazione nella lista canali secondo l'LCN d'origine quanto meno per i canali noti.

Al presentarsi dei popup far perdere i conflitti a tutti i canali FUB trasmessi e andare poi a verificare tramite lista canali la posizione ove sono stati memorizzati.

**16k** I canali FUB LCN 1-9 e 20-49 dovrebbero trovarsi nella Main Overflow (>850)

**16j** I canali FUB LCN 10-19 e 50-74 dovrebbero essere stati messi nella Preference Overflow (>75)

**16l** Rieffettuare la sintonia e scegliere nuovamente la risoluzione manuale dei conflitti verificando la scelta automatica allo scadere del timeout; ripetere il test per verificare la scelta a caso da parte del decoder

**16a** Verificare la totale assenza del canale FUB LCN=0 dalla Master User List

---

### **TS08 LCN COUNTRY (16h)**

Caricare la configurazione TS08 LCN COUNTRY e effettuare nuovamente una sintonizzazione fino a dopo il CH 24:

Verificare che il canale FUB COUNTRY CONF venga sintonizzato senza presentare conflitto

### **TS08 LCN ADD SER (16m)**

Caricare la configurazione TS02 INSTALL ed effettuare una sintonia completa risolvendo i conflitti come nel primo test (fino alla sintonia di Rete4, CH50). Successivamente caricare la configurazione TS08 LCN ADD SER ed effettuare solo un aggiornamento dei canali (o aggiornamento manuale sul CH24).

Verificare la presentazione del conflitto tra FUB Channel ADD con Rete 4

### **TS09 MAN UPD (21b)**

Verificare la possibilità di poter effettuare un aggiornamento della Master User List Management da parte del decoder.

Se presente caricare la configurazione TS02 INSTALL ed eseguire una scansione. Successivamente caricare la configurazione TS09 MAN UPD REI ed effettuare l'aggiornamento manuale della lista canali. Verificare quindi la variazione sulla lista canali dei nomi delle tre emittenti FUB

Caricare poi la TS09 MAN UPD ADD e rieseguire un aggiornamento: dovrebbe presentarsi un nuovo canale FUB e presentare conflitto

### **TS15 AV DEMUX (05b / 05c)**

Accedere al Mercury e caricare il TS RAI per il 16:9.

Sul MUX Amber invece caricare la configurazione TS15 AVDEMUX.

Accedere al menù del decoder, cercare la sezione dedicata alla selezione del tipo di televisore collegato e scegliere il rapporto d'aspetto 16:9 LetterBox. Avviate quindi la sintonia manuale sul canale 24 e portarsi al canale RAI 16:9.

**05b** Verificare quindi la visualizzazione e nel minuto e mezzo di loop del video verificare il passaggio automatico tra l'AR 4:3 e 16:9

**05c** Verificare la corretta decodifica dell'audio

---

### **TS15 DOPPIO AUDIO (05d / 09b)**

Accedere al Mercury e caricare il TS SAT2000.

Sul MUX Amber invece caricare la configurazione TS15 DP AUDIO.

Effettuare quindi una nuova sintonia manuale sul canale 24 e posizionarsi sul canale FUB SAT2000, verificare quindi:

**09b** Ci sia la possibilità di selezionare, tramite apposito tasto AUDIO sul telecomando del decoder, il secondo PID audio del TS

**05d** Come descrizione dei due PID ci sia ITA per il primo ed ENG per il secondo

### **TS20 SUBTITLE (22b)**

Accedere al Mercury e selezionare il TS della BBC.

Accedere quindi al MUX Amber e caricare la configurazione TS20 SUB.

Effettuare la sintonia manuale sul decoder e posizionarsi su uno dei due canale FUB BBC1 o FUB BBC2

Richiamare quindi la visualizzazione dei sottotitoli tramite l'apposito tasto sul telecomando.

Verificarne quindi la corretta visualizzazione.

### **TS17 ELEM STREAM (09a / 11a)**

Sul Mercury mandare in play i tre canali FUB mentre sul MUX Amber scegliere la configurazione TS17 ELSTREAM.

Effettuare quindi una scansione manuale sul canale 24 e verificare la presenza di un canale tv e di due canali radio.

Commutare da TV a RADIO e:

- Posizionarsi sul FUB RADIO e verificare la corretta riproduzione
- Posizionarsi invece sul FUB RADIO ERR e verificare l'assenza di servizio

### **TS21 NIT CHANGE (12° / 12b / 12c / 12d / 12 e)**

Caricare la configurazione TS02 INSTALL con la messa in onda dei tre canali FUB ed eseguire una sintonia manuale (CH24).

Posizionarsi su di un canale FUB ed accedere ai dettagli del canale (3 volte info sul telecomando)

Caricare successivamente la configurazione TS21 NIT CHANGE e verificare che non vi sia alcun cambiamento sui dati riportati dal dettaglio del canale ne tanto meno una mancata decodifica.

---

### **TS22 SDT CHK (13a / 13b / 13c)**

Sul Mercury mandare in play i tre canali FUB, sul muxer Amber invece caricare la configurazione TS22 SDT CHK ed effettuare sul decoder una sintonia dei canali:

Verificare che il canale FUB CA sia posizionato tra le TV e FUB RADIO tra le radio

Verificare che posizionandosi su di un canale sicuramente criptato tipo mediaste Premium Steel il decoder presenti il banner servizio codificato o programma criptato

Sintonizzarsi sul canale FUB CA e verificare la corretta visualizzazione

Sintonizzarsi sul canale FUB NOT RUNNING e verificare il presentarsi del banner Assenza di Servizio

### **TS16 DUPLICATE SERV (21f)**

Collegare l'uscita ASI del POD all'INPUT ASI TS2 del Rohde Schwarz, accenderlo ed impostare come input l'ASI 2 nel menù DIGITAL TV – INPUT SIGNAL. Impostare successivamente la frequenza di uscita a 498 MHz e livello a 3dBm.

Accedere tramite il Mercury alla macchina virtuale Virtual PC e dare START. Verificare che il canale sia il 28 (se non funziona spegnere e accendere il POD). Attaccare lo splitter al decoder e all'Auriga.

Andare sul decoder ed effettuare una scansione completa e verificare che il segnale a potenza maggiore venga presentato nei conflitti come default (controllare che la potenza del CH 24 superi la potenza del CH 28 e viceversa: impostare quindi il CH 24 prima con 5 dBm e successivamente con -15 dBm). Per verificare ciò controllare sull' Auriga.

Prendere nota del comportamento del decoder ponendosi come requisito minimo la scelta del segnale a potenza maggiore anche senza l'eventuale presentazione del banner di conflitto.

### **TS11 CHK LEVEL (03b / 03c / 03d)**

Connettere il R\_S direttamente al decoder sotto testsenza l'adattatore a T. Impostare il Rhode Schwarz con frequenza 474 Mhz e input ASI\_1 e -20Dbm.

Scegliere sul Mercuri il ts comprensivo dei tre canali FUB e sul muxer Amber la configurazione TS02 INSTALL (CH21).

Sintonizzare (sintonia manuale) il decoder su di uno dei tre canali FUB e cominciare con i test di livello:

- Portare il livello di uscita su di un valore maggiore di -28 dBm e verificare la corretta sintonia e visualizzazione del canale (verificare anche rifacendo la scansione)

- 
- Portare il livello di uscita progressivamente al livello di -78 dBm e verificare come sopra. Se il decoder non arrivasse al valore di riferimento segnare sulla scheda di test il valore minimo ottenuto (verificare anche rifacendo la scansione)

### **TS12 CHK DEM (02b / 02c / 02d / 02e / 06a)**

Sul Mercury impostare il play dei tre canali FUB. Su Amber invece caricare la configurazione TS12 CHK DEM. Effettuare una scansione manuale del canale 21 e porsi sul FUB Channel e -28Dbm.

Sul Rhode Schwarz posizionarsi sul menù Digital TV – Coding e variare i parametri seguenti:

- Trasmission mode (2K e 8K)
- Constellation (QPSK, 16 QAM e 64 QAM)
- Code rate (1/2 – 2/3 – 3/4 - 5/6 – 7/8)
- Intervallo di guardia (1/4 – 1/8 – 1/16 – 1/32)

Nel caso la variazione real time di uno o più dei parametri sopra menzionati non andasse a buon fine ripetere per ciascuno di essi la sintonia manuale per verificare comunque la demodulazione.

### **TS14 OTA UPDATE (09° / 23c / 24° / 24b / 24c / 24d sentire il costruttore)**

Staccare il cavo ASI dal POD connetterlo all'Output 1, quello al centro, del Fujitsu.

Connettere il Rhode Schwarz al decoder e l'output ASI del Fujitsu all'input 2 del Rhode Schwarz. Impostare la frequenza a 474 MHz ed un livello di uscita di almeno -30 dBm.

Impostare nel sottomenù Digital TV – Input signal l'INPUT ASI2.

Sul Fujitsu invece richiamare lo script OTA UPGRADE e trascinare il TS di aggiornamento all'interno della finestra DOS e ridatole il Focus premere invio per mandare in onda lo stream.

Sul decoder invece andare nel menù d'impostazioni e selezionare l'aggiornamento tramite OTA settandolo su automatico e premere OK. Aspettare quindi che alla frequenza 474MHz cominci l'aggiornamento. Verificare al termine il corretto funzionamento del decoder. Impostare l'ora sul decoder, reinstallare la versione precedente e verificare l'aggiornamento con il decoder in standby.

Per provare lo start automatico dell'aggiornamento settare l'orario a 5 minuti dall'ora corrente.

Verificare inoltre la possibilità da menù di scegliere manualmente i parametri di aggiornamento. Verificare l'aggiornamento anche la notte.

---

### **TS19 PARENTAL CONTROL (23b / 14c)**

Vedi OTA. Reimpostare sul decoder le impostazioni di fabbrica e verificare tra le voci del menù le impostazioni di default del menu password/blocco censura:

- ETA' 18
- PIN attivo

Impostare nel sottomenù del R\_S Digital TV – Input signal l'INPUT ASI2.

Sul Fujitsu invece richiamare lo script OTA UPGRADE e trascinare il TS del parental control all'interno della finestra DOS e ridatole il Focus premere invio per mandare in onda lo stream. Fare una installazione del canale 21 sul decoder e verificare il blocco del canale con la richiesta della password.

### **TS29 OTBL (15° / 15b / 15c / 15d / 15°)**

Tramite la stessa configurazione del Parental Control, verificare la corretta visualizzazione del nome dei canali e del numero corrispondente.

Successivamente tramite Info richiamare la visualizzazione degli eventi per il canale selezionato e verificare la corretta visualizzazione delle informazioni per l'evento presente e successivo.

Inoltre verificare la corretta visualizzazione dell'orario degli eventi passato dallo stream utilizzato.

### **TS02 INSTALL (07a / 07b / 07c)**

**07a, 07b** Verificare per ispezione visiva del decoder la presenza dei due connettori d'antenna RF, input e pass-through, ed il corretto funzionamento collegando in cascata un secondo decoder già installato (spostare la scart sul decoder B) e verificando la presenza del segnale (da acceso, in standby e in assenza di alimentazione del decoder sotto test).

**07c** Collegando invece un televisore in grado di ricevere il segnale RGB via scart attaccarlo al decoder selezionando l'ingresso RGB, accendere il decoder e verificare la corretta visualizzazione dell'interfaccia grafica dell'apparato.

### **TS02 INSTALL (Remote Control: 08m / 08j / 08d / 08k / 08l / 08f / 08e / 08c / 08b / 08a)**

Nella modalità di visualizzazione TV verificare sul telecomando in dotazione la presenza ed il corretto funzionamento dei seguenti tasti:

- **08m** Accensione / Spegnimento del decoder

- 
- **08j** Menu
  - **08d** Exit
  - **08k** Volume UP/DN
  - **08l** Channel UP/DN
  - **08f** OK
  - **08e** Direzionali (frecce)
  - **08c** Back
  - **08b** Tasti Numerici
  - **08a** Verificare ora la selezione diretta di un canale tramite la pressione del tasto corrispondente e che il timeout per l'immissione dell'eventuale seconda cifra sia inferiore al secondo

### **TS03 LIST MNG (17b)**

**17b** Verificare la presenza nel menu di configurazione del decoder della voce relativa alla modifica della Master User List Management

Tentare quindi la rinomina di un canale FUB

Tentare l'inversione in lista della posizione di due canali FUB

### **TS04 TELETEXT (22a / 22c / 9c / 9d)**

Posizionare il ricevitore su uno dei tre canali RAI

**22a, 9c** Verificare la presenza del tasto sul telecomando dedicato al televideo e attivarlo verificandone la corretta visualizzazione

**22c, 9d** Selezionare quindi la pagina dedicata ai sottotitoli del televideo (777) e abilitarli verificandone la corretta visualizzazione

### **TS05 TV GUIDE (08i / 08h / 08g)**

Posizionare il ricevitore su uno dei tre canali RAI

**08i** Verificare la presenza e la corretta visualizzazione delle informazione a seguito della pressione del tasto INFO sul telecomando

**08h** Verificare la presenza del tasto EPG e la corretta visualizzazione della guida TV

**08g** Verificare la presenza e l'usabilità dei 4 tasti colorati

### **TS18 EPG CHK (14a / 14b)**

---

Posizionarsi su di un canale RAI ed accedere all'EPG tramite tasto dedicato sul telecomando.  
Verificare quindi:

**14a** La possibilità di visualizzazione per quel che riguarda il canale considerato di visualizzare le informazioni riguardanti la trasmissione scelta nel FORMATO BREVE

**14b** La possibilità di visualizzare per l'evento scelto precedentemente le informazioni nel FORMATO ESTESO

#### **TS09 MAN REI (21c)**

Verificare la possibilità di effettuare una reinstallazione con cancellazione totale della Master User List Management.

#### **TS09 MAN SINGLE CHAN (21d)**

Verificare nel menu di installazione del decoder la possibilità di effettuare la sintonia di un singolo canale.

Se possibile verificare sul canale 24 la presenza del MUX FUB.

#### **TS09 LCN OFF (21g) (16d)**

Verificare la possibilità di disattivare LCN, in caso affermativo metterlo su OFF ed effettuare una scansione. Verificare quindi il comportamento corretto controllando la lista canali e verificando la presenza di due sottogruppi, TV e RADIO, e che l'ordine di memorizzazione sia pari a quello di sintonia.

#### **TS09 AUTOMATIC (21°)**

Verificare nel menù d'installazione del decoder la possibilità di impostare l'aggiornamento automatico della lista canali e la presenza delle voci di configurazione:

- ON/OFF ricerca automatica in standby (default: ON)
- ON/OFF ricerca automatica a decoder acceso (default: OFF)
- ORA, impostazione dell'orario (default: 4:30 AM)
- FREQUENZA, ogni quanto effettuare la scansione (default: GIORNALIERA)

#### **TS23 MENU' DEFOULT (25c)**

Reimpostare sul decoder le impostazioni di fabbrica e verificare tra le voci del menù le varie impostazioni di default :

BANNER:

- Durata visualizzazione banner <4 s
- Visualizzazione del numero di canale ATTIVA
- Visualizzazione del nome del servizio ATTIVA
- LANGUAGE

- 
- Dopo la prima installazione ITALIANO
  - Audio prima lingua ITALIANO
  - LCN ATTIVO
  - TV SETTINGS
  - Formato TV 4:3 Letterbox
  - TV SCART OUTPUT RGB
  - VCR OUTPUT (se disponibile) CVBS
  - PARENTAL CONTROL
  - Di default deve essere impostato il blocco per i programmi vietati ai minori di 18 anni
  - OTA
  - STANDBY ATTIVO
  - ACCESO ATTIVO
  - Orario 4:00 AM
  - Frequenza OGNI GIORNO
  - AGGIORNAMENTO CANALI
  - Standby ATTIVO
  - Acceso NON ATTIVO
  - Orario 4:30 AM
  - Frequenza GIORNALIERA
  -

#### **TS24 USABILITA' (25°)**

Scrivere due righe di commento sulla facilità d'uso del software di gestione del decoder

### **6 Attività 9.3. Specifiche tecniche e scenari di introduzione dell'Alta Definizione.**

#### **Premessa**

Allo scopo di prevenire una situazione ingiustificatamente frammentaria e diversificata, penalizzante per gli utenti italiani, dal punto di vista degli standard tecnici riguardanti l'offerta di prodotti e di contenuti ad alta definizione, nel 2005 la Fondazione Ugo Bordoni, come ente super partes, veniva invitata da alcuni broadcaster e alcuni costruttori di apparati a farsi promotrice di un HD Forum italiano. Dopo una serie di riunioni informali, con cui si è

---

verificata la disponibilità ad avere in cordata i maggiori attori di mercato nel campo del broadcasting, tale organismo è stato formalmente costituito nel settembre 2006, con sede legale presso la Fondazione Bordoni, affidando alla FUB il primo mandato di Presidenza (di carattere transitorio e della durata di nove mesi). Per sottolineare il carattere di associato super partes, la FUB figura nello statuto con uno status speciale, in virtù del quale detiene in permanenza la titolarità del posto di Vicepresidente Vicario. Da allora la Fondazione Ugo Bordoni contribuisce costantemente e regolarmente sia alle attività di specifica tecnica e di disseminazione delle caratteristiche tecniche dell'Alta Definizione, che HD Forum porta avanti attraverso un suo Gruppo di Lavoro operativo, sia alle attività di pianificazione degli scenari di introduzione dell'Alta Definizione. Altri compiti assicurati specificamente dalla FUB sono la rappresentazione delle posizioni tecniche di HD Forum Italia presso lo European HD Forum, un organismo voluto da EBU (unione europea dei broadcaster pubblici) e DIF (associazione europea dei broadcaster privati) e il coordinamento tecnico-scientifico di eventi di diffusione dei risultati.

### **Descrizione dell'attività del 2009**

Partendo dall'obiettivo che l'Alta Definizione deve essere un servizio fruibile su tutte le piattaforme di diffusione (DVB-T, DVB-S, IPTV, packaged media), HD Forum Italia ha avviato nel 2008 e continuerà nel corso del 2009:

- un progetto "HD Book" in cinque volumi: un volume per tutti gli aspetti indipendenti dalla piattaforma di diffusione e quattro volumi dedicati specificamente alle singole piattaforme. A fine 2008 risulta realizzato il volume riguardante il DVB-T, che fornisce le specifiche per apparati (decoder e televisori digitali integrati) idonei a ricevere l'Alta Definizione su digitale terrestre e retrocompatibili con la televisione a definizione standard su DTT. Nel corso del 2009, oltre ad una successiva edizione del suddetto volume, si intendono realizzare due ulteriori volumi: quello relativo a tutti gli aspetti indipendenti dalla piattaforma di diffusione e quello dedicato alla IPTV. La Fondazione parteciperà, agli studi di approfondimento e ai gruppi ad hoc per la realizzazione dei suddetti volumi. Come risultato di questi studi, è prevista la generazione di contributi tecnici da presentare all'organismo EHDF, ad EICTA e a DVB-T, riguardanti questioni tecniche tuttora lasciate aperte dagli standard internazionali ed europei.
- la realizzazione di due pubblicazioni rivolte all'utenza. Una prima in forma di volumetto per lettori di cultura medio-alta, anche se non specificamente esperti in materie tecniche, una seconda in forma di brochure di poche pagine, fruibile da un

---

elevatissimo numero di lettori di cultura generica. Alla fine del 2008, la prima pubblicazione risulta pronta per gli scaffali. La seconda sarà oggetto di realizzazione nel corso del 2009.

Un ulteriore obiettivo sarà quello di cooperare alle iniziative di HD Forum per una disseminazione volta a far crescere la consapevolezza del pubblico riguardo agli apparati ad alta definizione, proprio nel momento in cui l'utenza si appresta a dotarsi di apparecchiature di ricezione digitale nelle aree destinate allo switch-off: è giusto, infatti, che in quell'occasione irripetibile, di grande rinnovo dei suoi apparati, l'utente che punti a prodotti di alta gamma e "a prova di futuro" sia consapevole della possibilità di acquistare direttamente un ricevitore DTT già equipaggiato per l'Alta Definizione, sia dal punto di vista della capacità di visualizzare contenuti HD, sia dal punto di vista della capacità di decodificare contenuti HD (rispondenza alle suddette specifiche italiane HD-Book DTT).

Un altro obiettivo sarà la messa a punto, tramite cooperazione fra HD Forum Italia e DGTVi, delle procedure tecniche per il riconoscimento dell'autocertificazione volontaria, da parte dei produttori di ricevitori HD, di conformità alle specifiche dello HD-Book DTT.

Infine, è prevista l'effettuazione di misure comparative della qualità di sequenze HD di riferimento, nei vari formati consentiti da HD-Book DTT (720p, 1080i, 1080p).



## Allegati

---

Documenti allegati nel CD:

- Relazione finale: Evoluzione del servizio e piattaforme alternative
- (PROG09CONVRelazioneFinale2009.pdf)

